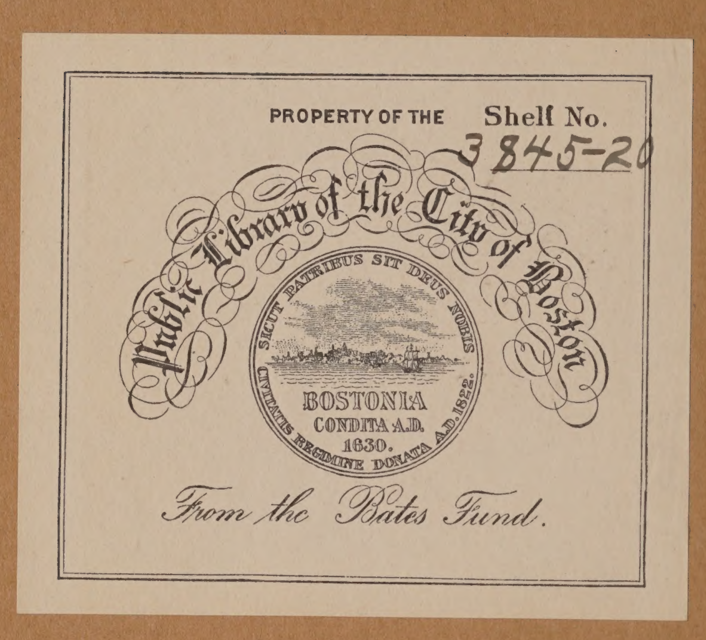
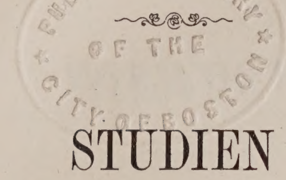



PROPERTY OF THE
Shelf No.
3845-20
Public Library of the City of Boston
SICUT PATRIBUS SIT DEUS NOBIS
BOSTONIA
CONDITA A.D.
1630.
CIVITATIS REGIMINE DONATA A.D. 1822.
From the Bates Fund.





DER BAUM.



STUDIEN

über Bau und Leben der höheren Gewächse

von

Dr. HERMANN SCHACHT,
ordentlichem Professor der Botanik an der Universität zu Bonn.

Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 575 Abbildungen
auf 4 lithographirten Tafeln und 227 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

BERLIN.
Verlag von G. W. F. Müller.
1860.

Uebersetzungen in fremde Sprachen, desgleichen Nachbildungen der Illustrationen nur mit Genehmigung des Verfassers und Verlegers (s. Anmerkung S. 379).

VORWORT.

Zur Einführung dieses Buches wird es nur weniger Worte bedürfen, da Zweck und Eintheilung desselben auch in der zweiten Auflage dieselben geblieben sind. In der Bearbeitung der einzelnen Abschnitte und in der äufseren Ausstattung ist dagegen vieles geändert worden. Ich habe mich vor allem bemüht, kurz und bestimmt, aber zugleich allgemein verständlich, zu schreiben und alles nicht zur Sache Gehörige zu vermeiden. Die neuesten Entdeckungen der Wissenschaft und meine eigenen neuesten Erfahrungen sind, soweit es Zweck und Raum gestatteten, benutzt worden und darf ich deshalb die sehr wesentlich veränderte und stark vermehrte zweite Auflage als eine möglichst vollständige Anatomie und Physiologie der höheren Gewächse und namentlich der Waldbäume bezeichnen.

Ich habe mich seit dem Erscheinen der ersten Auflage noch vielfach mit dem Walde beschäftigt, und sowohl in verschiedenen Theilen Deutschlands, als auch durch einen zweijährigen Aufenthalt auf Madeira und Tenerife neue Studien gesammelt, desgleichen hat mir Professor Ratzeburg aus dem Schatze seiner langjährigen Erfahrungen vielfach Belehrung gespendet.

Gleichwie der Text, so sind auch die bildlichen Darstellungen im Holzschnitt gegen die erste Auflage bedeutend vermehrt (von 50 auf 170) und aufserdem noch durch über 60 schöne Habituszeichnungen

nach Eberhard, von Kretzschmar geschnitten, welche mein Verleger durch den Ankauf von „Klöbisch, Waldbaum“ erstanden hat, bereichert worden, desgleichen sind die Abbildungen der Blüthentheile der wichtigeren Waldbäume auf den vier neuen Tafeln viel vollständiger als in der ersten Auflage gegeben.

Um den Gebrauch des Buches zu erleichtern, habe ich aufser dem Inhaltsverzeichnifs und dem alphabetischen Register noch für die wichtigeren Waldbäume die betreffenden Seiten, wo die verschiedenen Entwickelungszustände und Theile derselben besprochen sind, bezeichnet, und ebenso die Abbildungen derselben in Holzschnitt und Steindruck übersichtlich zusammengestellt.

Und so wünsche ich denn, dafs die freundliche Aufnahme und billige Beurtheilung, welche die erste Auflage dieses Buches gefunden*), auch der zweiten zu Theil werden möge und dafs sie, wesentlich verbessert und in einem schöneren Gewande, sich nicht nur unter den Forstmännern und Botanikern, sondern auch in weiteren Kreisen Freunde erwerben und zur Verherrlichung der ewig reichen und gütigen Natur beitragen möge.

---

*) Dieselbe wurde ins Russische übersetzt (Moskau 1857).

Bonn, im Juni 1860.

Hermann Schacht.

INHALT.

EINLEITUNG.

Was die Natur schafft ist alles vollkommen, das Kleinste wie das Gröſste. Die Schimmelpflanze ist in ihrer Weise eben so vollkommen als der Eichbaum, denn sie ist das geworden, was sie dem Plane der Natur nach werden muſste. Das Naturgesetz, nothwendig und unabänderlich, beherrscht die Natur in allen ihren Theilen.

Unabhängig von dem Begriff der Vollkommenheit, läſst sich dagegen in den Schöpfungen der Natur ein einfacher und ein mehr und mehr zusammengesetzter Bau nicht wohl verkennen. Die leblose Natur, das Reich der Gesteine, besitzt keine eigentliche Organisation. Die belebte Natur, das Pflanzenreich und das Thierreich, ist dagegen organisirt, d. h. aus Organen zusammengesetzt, die ihrerseits entweder noch aus Zellen bestehen, oder doch aus ihnen hervorgegangen sind; sie steht, ihres zusammengesetzten Baues halber, höher als das Mineralreich. Je einfacher im Thier- und Pflanzenreich der Bau, um so einfacher ist auch die Function; je mannichfaltiger der Bau, um so mannichfaltiger ist die Thätigkeit und um so entwickelter erscheint das Leben. Das Thier, mit Empfindungs-Organen versehen, ist höher organisirt als die Pflanze, deren ganzes Leben auf der gegenseitigen Wirkung ungleichwerthiger Zellen zu einander beruht. Wie das Thier schon deshalb über der Pflanze steht, so läſst sich weiter nach dem Grade der Organisation zwischen niedriger und höher entwickelten Thieren und Pflanzen unterscheiden. Die sogenannten natürlichen Systeme sind hierauf zunächst begründet.

Die Pilze, Flechten und Algen, aus Zellen einer Art gebildet, ohne eigentlichen Stamm, ohne Blätter und Wurzeln, sind die am niedrigsten entwickelten Pflanzen. Die Laub- und Lebermoose, mit Stamm und Blättern versehen, aber noch ohne wahre Wurzel, sind schon höher organisirt; die Farrnkräuter, Schachtelhalme u. s. w. endlich besitzen Stamm, Blätter und Wurzeln, und in selbigen ein mehr oder weniger entwickeltes Gefäſsbündelsystem, d. h. ein System bestimmter Zellenarten, welches alle Theile der Pflanze durchzieht. Von den Algen an kennen wir bei allen Kryptogamen einen Geschlechtsapparat, nämlich zweierlei Organe, die zur Erzeugung eines Keimes nothwendig sind. Bei den Pilzen und Flechten dagegen ist eine geschlechtliche Zeugung bisjetzt nicht sichergestellt. Der

Geschlechtsapparat der Kryptogamen ist zwar morphologisch mit der Blüthe der Phanerogamen kaum vergleichbar, da er, viel einfacher gebaut, sich nicht wie letztere auf Stamm- und Blattorgane zurückführen läſst, dagegen ist der Befruchtungsvorgang selbst dem Principe nach bei beiden nicht wesentlich verschieden. Der Bau der Gefäſsbündel wird schon bei den Monocotyledonen, wohin die Palmen und Gräser gehörig, zusammengesetzter und erreicht im Holzring der dicotyledonen Bäume (der Eiche, Buche u. s. w.) seine höchste Entwickelung. Die Blüthe der Phanerogamen enthält weiter unter allen Verhältnissen, sei es nun auf demselben Stamme oder auf getrennten Exemplaren, Staubblätter, welche den Blüthenstaub entwickeln, und Samenknospen, die nach geschehener Befruchtung zum Samen werden. Die Samenknospen aber sind, mit Ausnahme der Nadelhölzer und Cycadeen, von einer besonderen Hülle, dem Fruchtknoten, umkleidet. Am Zapfen der Nadelhölzer und Cycadeen entwickeln sich dagegen diese Samenknospen frei, von keiner Hülle geschützt. Der Blüthenbau der Nadelhölzer ist deshalb einfacher als bei den Monocotyledonen, obschon der Bau ihres Holzringes mehr den Dicotyledonen entspricht.

Aus diesem kurzen Ueberblick entnehmen wir, daſs allerdings annähernd, aber nicht vollständig, eine Stufenfolge vom Einfacheren zum Zusammengesetzteren das ganze Pflanzenreich durchzieht und zeigt sich auch im Thierreich bis zu einem gewissen Grade eine solche Stufenleiter.

Der Baum, gleichgültig welcher groſsen Abtheilung des Gewächsreiches angehörig, ist jedenfalls eine hoch organisirte Pflanze; ihn charakterisirt ein Stamm mit einer Krone. Der Stamm ist vieljährig. Die Krone besteht entweder aus beblätterten Aesten und Zweigen, wie bei allen Bäumen unserer Zone, oder aus einem Blätterbüschel, wie bei den meisten Palmen, den Cycadeen und den baumartigen Farrn. Der Stamm des Baumes kann als Haupttrieb fortwachsen (bei der Mehrzahl der Nadelbäume), er kann aber auch später sein Längenwachsthum schlieſsen, worauf die Krone sich stärker auszubreiten pflegt (bei unseren Obstbäumen, bei der Kastanie u. s. w.). Der Stamm unserer dicotyledonen Bäume, desgleichen einiger baumartiger Monocotyledonen (Dracaena, Pandanus und vieler Palmen) wird alljährlich dicker, wogegen die Mehrzahl der monocotyledonen Gewächse nur für eine Zeitlang ihren Stamm verdickt. Das Wachsthumsverhältniſs des Stammes, der Aeste und Zweige und deren Stellung zu einander bedingt aber zunächst die Tracht, den Habitus, des Baumes. Wie seine Aeste und Zweige sich in der Luft ausbreiten und durch ihre Blätter und grünen Rindentheile für atmosphärische Nahrung sorgen, so durchziehen des Baumes Wurzeln das Erdreich, um ihm Bodennahrung zu beschaffen.

Stamm und Krone unterscheiden den Baum vom Busch oder Strauch, der keinen Hauptstamm und deshalb auch keine Krone besitzt. Der Hochwald besteht aus Bäumen, der Niederwald aus Gebüsch. Oft sind es dieselben Pflanzen, nur durch den Betrieb des Forstes in ihrem Wachsthum

wesentlich verändert. Der Hochwald wird, je nach der Baumesart, alle 80 oder 140 Jahr geschlagen, der Niederwald dagegen alle 10 bis 15 Jahre abgetrieben. Im Hochwald wird der Stock (der Stumpf des Baumes mit den Wurzeln) ausgerodet, und durch eine neue Pflanzung ein neuer Hochwald aufgezogen. Die Stöcke des Niederwaldes dagegen bleiben im Boden und aus ihnen schiefsen neue Zweige zu neuem Niederwald hervor. So beherrscht die Cultur sogar das Höchste in der Pflanzenwelt, den Baum; doch gebietet sie ihm nicht aus eigener Machtvollkommenheit, vielmehr durch des Baumes eigene Wachsthumsgesetze. Die höchste Aufgabe der Wissenschaft ist die Erforschung dieser Gesetze. Die Natur antwortet gern, wenn man zu fragen versteht.

Die tieferen Schichten unserer Erde begraben zahlreiche Ueberreste, gröfstentheils ausgestorbener Thiere und Pflanzen. Wie jeder Organismus in der Natur einen Entwickelungsgang durchläuft, wie sich der Keim des Baumes aus einer einzigen Zelle allmälig hervorbildet, so scheint auch die Natur selbst, zum wenigsten auf unserer Erde, sich ganz allmälig höher entwickelt zu haben. Die ältesten Schichten der Gesteine zeigen uns Ueberreste der niedrigsten Thiere und Pflanzen; grofse Meeres-Algen sind in ihnen aufgefunden. In einer späteren Periode erscheinen riesige Kryptogamen, z. B. baumartige Farrn, Calamiten und Lepidodendron-Arten *). Auf den Halden der Steinkohlengruben findet man im Thonschiefer die herrlichsten Abdrücke oftmals riesenhafter Farrnblätter. Später erschienen die Nadelhölzer, die zum gröfsten Theil unsere Braunkohle bilden. Auch Palmen finden sich hier und da und scheinen gleichzeitig oder später als die Coniferen entstanden zu sein. Unsere Laubhölzer treten zuletzt auf. In seltenen Fällen findet man ihre Ueberreste in der Braunkohle; so bei Altenburg eine Birkenart und im Londonclay Stämme baumartiger Leguminosen, in kohlensauren Kalk verwandelt.

Wie sich die Thier- und Pflanzenarten in den geognostischen Perioden nach einander entwickelt haben, wissen wir so wenig als wir das erste Zusammentreten der Elemente zur Bildung der Erde enträthseln können. Der Hypothesen giebt es viele, allein wir wollen mit ihnen nicht unsere Zeit verlieren. Ob die nicht geschichteten Gebirge, die Granite, Basalte, Porphyre, durch plötzliche oder allmälige Erhebung, durch den feurig-flüssigen Erdkern veranlafst, entstanden sind, ist noch ein Streit der Geologen; nur so viel ist gewifs, dafs der Entwickelungsgang der Erde sich über Milliarden Jahre erstreckte. Die mächtigen Ablagerungen, aus dem Wasser entstanden, die Kreidebildungen und die Muschelkalkgebirge, beweisen dies zur Genüge.

---

*) Die Rothenbergia Hollebeni, in dem Gestein des rothen Berges bei Saalfeld gefunden, und nach ihrem Entdecker, dem Landjägermeister B. v. Holleben genannt, scheint gleich den Lepidodendron-Arten eine baumartige Lycopodiacee gewesen zu sein.

Die klimatischen und atmosphärischen Verhältnisse müssen sich in den verschiedenen Entwickelungsperioden der Erde geändert haben. Die baumartigen Calamiten- und Lepidodendron-Arten sind ausgestorben, die baumartigen Farrn und die Cycadeen sind nur noch in den Tropen zu Hause und auch die Palmen sind nicht mehr bei uns heimisch*). Der Taxusbaum wird in Deutschlands Wäldern immer seltener; in der Braunkohle findet er sich häufig. Unsere jetzigen Bäume gehören sämmtlich zur Abtheilung der Dicotyledonen. Die Nadelhölzer, welche die Klasse der Zapfenbäume (Coniferae) bilden, haben eingeschlechtige Blüthen, entweder auf demselben Stamm (Fig. 1) oder auf getrennten Pflanzen vertheilt. Ihre Samenknospen

Fig. 1. Fig. 2.



sind von keiner besonderen Hülle, keinem Fruchtknoten, umgeben, und ihr Holzring enthält keine eigentliche Gefäfszellen. Unsere Laubhölzer gehören zumeist in die Klasse der Kätzchenblüthler (Juliflorae) (Fig. 2), deren Blüthen, getrennten Geschlechtes, entweder an

Fig. 1. Zapfen des Lerchenbaums (Larix europaea).

Fig. 2. Männlicher und weiblicher Blüthenstand nebst Fruchtstand der Weifsbuche (Carpinus Betulus).

*) Die kleine Chamaerops humilis im südlichen Europa, welche z. B. zwischen Cadiz und Jerez de la Frontera fast wiesenartig ganze Länderflächen deckt, ist kaum ein Baum zu nennen.

derselben Pflanze oder auf verschiedene Stämme vertheilt sind. Die männlichen Blüthen bilden ein Kätzchen, d. h. eine hängende Aehre und der Holzring enthält, wie bei allen eigentlichen Dicotyledonen, Holz- und Gefäſszellen von Markstrahlzellen durchsetzt. Hierher gehören die Eiche, die Buche, die Kastanie, der Nuſsbaum, die Haselnuſs, die Hainbuche, die Birke, die Erle, die Weidenarten, die Pappel u. s. w. In die Abtheilung der Gewächse mit vollkommenen Blüthen, d. h. nicht mehr getrennten Geschlechtes, gehören die Linde (Fig. 3), die Ahornarten, die Rüster und die Roſskastanie, desgleichen die Obstbäume, die zur Klasse der Rosenblüthler (Rosiflorae) gezählt werden. Die Akazien finden unter den Schmetterlingsblumen (Leguminosae) ihren Platz, und der Orangenbaum gehört in die Klasse der Hesperiden u. s. w.

Fig. 3.

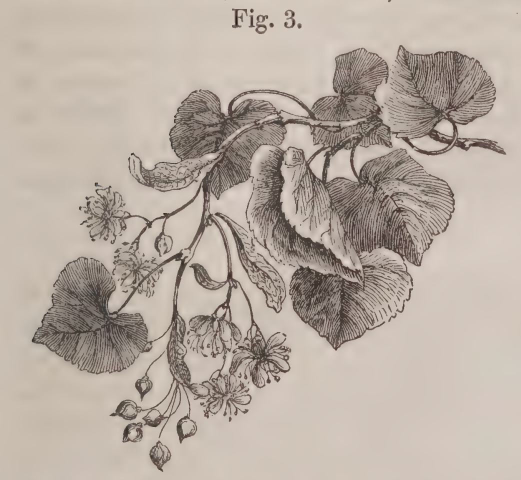


Fig. 3. Blüthenstand der Sommerlinde (Tilia grandifolia).

An Zahl der Arten reicher als unsere Zone sind die Tropen. Jeder Urwald umschlieſst eine Menge verschiedener Baumarten fast aus allen Abtheilungen des Pflanzenreiches. Baumartige Farrn, in unseren Treibhäusern erst seit wenig Jahren bekannt, Palmen, Drachenbäume und Pandanus-Arten wechseln mit zahllosen baumartigen Dicotyledonen, deren Herzählung nur ermüden aber nicht belehren könnte. Schon der subtropische Wald immergrüner Laubbäume, wie ihn Madeira und die Canaren*) darbieten, hat einen anderen Habitus als unsere Wälder. Das bis 30 Fuſs hohe Unterholz der baumartigen Haide (Erica arborea) (Fig. 4) und der gleichfalls baumartigen Heidelbeere (Vaccinium padifolium), mit mehreren Ilex-Arten untermischt, aus dem nur hier und da hochstämmige Lorbeerbäume hervorragen, überzieht auf Madeira ausgedehnte Bergesflächen, während nur in den wasserreichen schattigen Schluchten ein eigentlicher Hochwald aus den verschiedensten Bäumen zusammengesetzt, mit spärlichem Unterholz erscheint und auf den Canaren die hohe canarische Kiefer in einer gewissen Bergesregion den prachtvollsten, aber niemals dicht geschlossenen Nadelwald mit hohem, dichtem Unterholze bildet, ja auf der Caldera von Palma einträchtig neben der Dattelpalme emporwächst. Aber auch dort noch fehlen die Lianen und die vielgestaltigen duftenden Orchideen, welche

*) Schacht, Madeira und Tenerife. Berlin 1859.

den eigentlichen Tropenwald charakterisiren; wie bei uns schleicht dort die Brombeere, freilich von Smilax-Arten und bis in die Gipfel der Bäume kletternden Convolvulaceen begleitet, durch das Unterholz, dem Wanderer die Wege versperrend, während roth und weiſs blühende Cistus-Rosen den Gebirgswald der Canaren zieren, und die unteren Regionen der Insel das Vaterland des Drachenbaumes und der Dattelpalme bilden. Dort wie bei uns sind mir die Wälder mit ihrem traulichen Schatten lieb geworden; ich habe ihre Bäume im Walde selbst studirt und will deshalb versuchen am Baume den Bau und das Leben der Gewächse zu entwickeln. Möchte es mir gelingen, meinen Lesern überall verständlich zu werden und ihnen nur einen Theil des Interesses einzuflöſsen, den mir dies Studium gewährte!

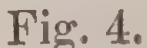


Fig. 4.



Fig. 4. Ein Haidebaum (Erica arborea) vom Paül da Serra (4000 Fuſs über dem Meere) an der Nordseite Madeira's. 40 Fuſs hoch mit $6\frac{1}{2}$ Fuſs Stammumfang.

I.

Der innere Bau und das Leben der Gewächse.

Blicken wir um uns her in der Natur, die so grofs und reich, so sehen wir Thiere, Pflanzen, Steine, Erde, Luft und Wasser. Die alte Eintheilung der drei Naturreiche tritt uns lebhaft vor die Seele. Aber fragen wir jetzt: wodurch unterscheiden sich diese drei Reiche, ist nicht alles in der Natur denselben Gesetzen unterworfen? Wirkt der chemische Procefs, wirken die physikalischen Kräfte nicht auf alles, was vorhanden ist? — Die Naturgesetze haben überall Geltung, die Naturkräfte wirken überall, aber nicht immer auf gleiche Weise; sie werden durch sich selbst beschränkt und manchmal scheinbar aufgehoben.

Die Chemie, diese Mutter aller Naturwissenschaft, lehrt uns, dafs ein Stoff sich mit dem anderen verbindet, und dafs durch diese Verbindung die Eigenschaften der Stoffe sich gegenseitig aufheben oder wenigstens beschränken. Die Säure verliert ihre sauren Eigenschaften, sobald man sie mit einem Alkali (z. B. mit dem Kali) oder einer alkalischen Erde (z. B. mit dem Kalk) verbindet; das Alkali begiebt sich dafür seiner ätzenden Kraft. Die Eigenschaften der jetzt verbundenen Stoffe sind den letzteren durch die eingegangene Verbindung nur zeitweilig entzogen. Trennt man die Säure durch eine andere stärkere Säure vom Alkali, oder das letztere, durch eine stärkere Base (ein Stoff, der sich mit einer Säure zu einem neutralen Salz verbindet), so sind die ursprünglichen Eigenschaften vollständig wieder hergestellt. Die Eigenschaften irgend eines Körpers sind also an den Stoff, an die Materie, gebunden; sie ändern sich, sobald der Körper seine chemische Zusammensetzung ändert.

Aber nicht der chemische Procefs allein, noch viele andere Kräfte beherrschen die Natur. Zum Theil uns noch sehr mangelhaft bekannt, können wir gegenwärtig nur wenig Erscheinungen vollständig erklären. Dem Streben des menschlichen Geistes ist noch ein grofses, reiches Feld geöffnet, ein Feld, das er wohl niemals ganz gewinnen, das er aber bis zu einer gewissen Grenze siegreich erkämpfen wird — wo diese Grenze liegt, wer mag es wissen!

Die Luft, welche wir einathmen, ist ein Gemisch zweier Gase. Das Wasser, uns zum Leben ebenso nothwendig, ist eine chemische Verbindung. Der Fels, unbestreitbar dem Mineralreich angehörig, verwittert an seiner Oberfläche, d. h. die Atmosphäre wirkt chemisch verändernd auf ihn ein, sie zerlegt die Verbindung des Gesteines und bildet aus den in ihm vorhandenen Stoffen andere chemische Verbindungen. Auch auf unseren Körper wirkt die Atmosphäre in jedem Augenblicke verändernd ein, ihm Sauerstoff zuführend und Kohlenstoff entziehend, der in Form von Kohlensäure austritt. Letztere von den Thieren ausgehaucht, oder durch die Verwesung in Freiheit gesetzt, bietet der Pflanzenwelt ihre Hauptnahrung. So kreisen die Stoffe in der Natur von Ewigkeit zu Ewigkeit, nach der Art ihrer Verbindung ihre Eigenschaften ändernd, sich sonst aber für alle Zeiten gleich bleibend. Kein Atom eines Stoffes wird neu geschaffen, keines geht verloren; und doch sehen wir täglich neue Thiere, neue Pflanzen entstehen, wir sehen neue Wolken am Himmel aufziehen und neuen Regen zur Erde fallen. Blicken wir aber zur anderen Seite, da zeigt sich das Bild des Todes, dessen kalte Hand stündlich Menschen und Thiere erfaſst. Das Laub der Wälder fällt mit dem Eintritt des Winters, die Leichen der Thiere und Pflanzen verwesen, sie geben der Luft, dem Wasser und dem Boden die Stoffe zurück, welche sie ihnen vormals entnommen. Alle Thiere, alle Pflanzen hauchen bei warmer trockener Luft Wasserdunst aus, die Oberfläche der Meere und Flüsse verdunstet gleichfalls; was sich als Wolken bildet, was als Thau, Regen oder Schnee niederfällt, entstieg zuvor in anderer Gestalt der Erde.

Man hat die Thier- und Pflanzenwelt, im Gegensatz zur leblosen Natur, das Reich der Organismen genannt. Unter Organ versteht man einen aus verschiedenen Theilen zusammengesetzten Mechanismus. Nun bestehen sowohl die niedrigsten als die höchsten Thiere und Pflanzen aus einer oder aus vielen Zellen. Die Zelle aber selbst ist ein zusammengesetztes Ding, ein Säckchen, das aus einer festen Membran und einem von derselben chemisch und physikalisch verschiedenen zum Theil flüssigen Inhalt besteht, sie ist ein Organ. Auſserhalb des Thier- und Pflanzenreiches kennt man keine Zellen. Aber warum nennt man das Mineralreich im weitesten Sinne des Wortes leblos? Ist denn das Leben an die Zelle gebunden? — Allerdings ist, was wir Leben nennen, nur dem Thier und der Pflanze, also dem Reich der Zelle, eigen. Aber was ist denn Leben? was ist Tod? höre ich jetzt fragen. — Leben ist das einheitliche Zusammenwirken vieler, uns zum Theil noch unbekannter Kräfte. Tod ist die Aufhebung dieses Zusammenwirkens, verbunden mit dem Eintritt eines einfacheren chemischen Processes. So lange das Thier, so lange die Pflanze leben, herrscht wenigstens in einem Theil der Zellen eine fortwährende Stoffumwandelung; der chemische Proceſs ist nach den unter sich verschiedenen Zellen oder den aus ihnen bestehenden zusammengesetzten Organen und ihrer Wechselwirkung auf einander in mannigfacher Weise thätig, und er

belebt und ernährt sowohl das Thier als auch die Pflanze. Allein er gehorcht dem Complex, d. h. dem einheitlichen Zusammenwirken der Organe und somit der durch sie hervorgerufenen Kräfte, und bildet deshalb andere Stoffe oder formt sie anders, als er sie bilden und formen würde, wenn ihm in einfacher Weise das Recht zustände. In einer abgestorbenen Pflanze nämlich, in der die Wechselwirkung der Organe aufgehört, entstehen keine neue Zellen, entsteht kein neues Stärkmehlkorn; die 4 Elemente, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, aus denen die Organismen wesentlich zusammengesetzt sind, verlieren sich dagegen allgemach in die Atmosphäre, während die nicht flüchtigen Grundstoffe, Kalk, Kali u. s. w. zum Boden, dem sie entnommen wurden, zurückkehren.

Man hat die vier so eben erwähnten Elemente, weil sie die Hauptbestandtheile der Organismen bilden, als organische Elemente bezeichnet, im Gegensatz zu den übrigen einfachen, der leblosen Natur im gröſseren Maſse angehörigen Stoffen. Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff fehlen keiner lebenden Zelle. Bestimmte Verbindungen des Stickstoffes mit ihnen, die löslichen Eiweiſsstoffe, scheinen sogar die Erreger des Lebens zu sein; wenn sie als unlöslich sich im Zellensaft ausscheiden, tritt der Tod der Zelle ein. Die löslichen Eiweiſsstoffe wirken hier wie die Hefe bei der Gährung.

Wenn das Leben, wie wir so eben gesehen, der Ausdruck des Zusammenwirkens vieler Kräfte die sich gegenseitig anregen oder beschränken, ist, so erklärt es sich leicht, warum die Erzeugnisse des Lebens, selbst wenn die Stoffe dieselben blieben, anders als die Erzeugnisse des Todes ausfallen müssen. Ein Leben ohne Stoffumwandelung ist nicht denkbar. Die Flamme ist die Begleiterin gewisser chemischer Processe; jede Kraftäuſserung verlangt eine Ursache. Die Erscheinungen des Lebens sind demnach die Folgen ununterbrochener, unter bestimmten Gesetzen stattfindender Veränderungen des Organismus. Die Kraft des Dampfes, die uns mit Blitzesschnelle auf dem Schienenwege dahinführt, besteht auch nicht aus sich selber, ist vielmehr an den Dampf gebunden; wenn sich der letztere zu Wasser verdichtet, ist auch seine Kraft dahin. Mit jeder bestimmten Veränderung der Stoffe ist aber das Freiwerden einer bestimmten Kraft verbunden; der Verbrennungsproceſs entwickelt Wärme, jeder chemische Proceſs setzt Electricität in Freiheit. Nun kennen wir die verschiedenen chemisch-physikalischen Processe, welche neben einander in der lebenden Pflanze und noch mehr im lebenden Thiere wirken, und sich nothwendig einander beschränken müssen, noch viel zu wenig, und können deshalb auch die verschiedenen Kräfte, welche als nothwendige Folge derselben auftreten und ineinandergreifen müssen, nicht einzeln in ihrer Wirkung studiren; wir können nur ihren Gesammteffect, das Leben, wahrnehmen.

Das Leben wird durch keine besondere Kraft, durch keine Lebenskraft, hervorgerufen, es ist vielmehr der Ausdruck des Zusammenwirkens vieler uns zum Theil bekannter, zum Theil noch unbekannter Einzelnkräfte

der Natur. Die Verwesung, als Folge des Todes aber, ist die Herrschaft des einfachen chemischen Processes.

In der Thätigkeit der Zelle liegt demnach der Hauptunterschied zwischen der belebten und der leblosen Natur. Die Leiche eines Thieres, der abgestorbene Baum ist leblos wie der Stein, und beide werden bald in ihre Grundstoffe zerlegt; der Stein würde ebenso schnell in seine Elementarstoffe zerfallen, wenn letztere, wie beim Thier und bei der Pflanze, zum gröfsten Theil aus den organischen Elementen beständen. Der Knochen, dessen Zellwand Kalksalze in reichlicher Menge enthält, widersteht der Verwesung lange und die Kieselschalen einiger Diatomeen*) sind vielleicht die ältesten Documente der Schöpfung. Die Art des Zerfallens lebloser Körper, todter Thiere und Pflanzen, der Steine u. s. w., in ihre Grundbestandtheile ist demnach einzig und allein von den Grundstoffen, aus welchen die Körper bestehen, abhängig. Je fester das Gestein, um so schwieriger verwittert dasselbe. Das Holz verwest langsamer als die zarteren Pflanzengewebe. Der chemische Procefs ist im Bereich der leblosen Natur überall in einfacher Weise thätig.

Aus der Zelle entspringt demnach alles Leben in der Natur. Der Same (die Spore) des Pilzes, der Flechte und des Mooses, aus welchem beim Keimen die neue Pflanze ersteht, ist eine Zelle. Die durch Schwärmfäden (Spermatozoiden) oder durch den Pollenschlauch befruchtete Befruchtungskugel der kryptogamen und phanerogamen Gewächse ist gleichfalls eine Zelle. Der Schwärmfaden aber entsteht in einer Zelle und der Pollenschlauch ist die innerste Membran der Pollenzelle. Aus der befruchteten Befruchtungskugel aber geht wiederum die in der Regel aus vielen unter sich verschiedenen Zellen bestehende Pflanze hervor. Auch das Ei aller durch geschlechtliche Zeugung sich fortpflanzenden Thiere, bis zum Menschen hinauf, ist eine Zelle. Man kann demnach die letztere mit Fug und Recht als das Grundorgan aller lebenden Wesen bezeichnen.

Die Lehre von der Zelle ist im Pflanzenreich durch die rastlosen Bestrebungen der Letztzeit ihrem Abschlufs nahe gebracht. An dieser wichtigen Frage haben sich insbesondere Schleiden, v. Mohl, Nägeli, A. Braun, Hofmeister, Cohn und Pringsheim betheiligt; auch ich habe versucht mein Schärflein beizutragen. So wissen wir denn jetzt, dafs alle Theile der Pflanzen aus Zellen hervorgehen, ja dafs sie meistens bis zum Tode ihre Zellennatur unverändert bewahren. Wir wissen, dafs alle später in ihrer Ausbildung und Function noch so verschiedenen Zellenarten ursprünglich einerlei Natur sind, und dafs sich ihre Verschiedenheiten erst ganz allmälig entwickeln. Wir wissen ferner, dafs sich die Pflanzenzelle immer nur im Innern einer bereits vorhandenen Zelle (einer Mutterzelle), aber

---

*) Die Diatomeen, welche früher für Thiere galten, werden jetzt von den meisten Forschern als Pflanzen betrachtet. Es sind mikroskopische Wesen, welche im Wasser leben und sehr zierliche Formen ihrer Kieselhülle zeigen.

niemals zwischen vorhandenen Zellen bildet. Wir kennen endlich zwei Arten ihrer Bildung; eine sogenannte freie Zellenbildung, wo sich im Innern einer Mutterzelle aus deren Inhalt eine oder mehrere junge Zellen entwickeln, ohne dafs der letztere durch selbige gänzlich verzehrt wird, und eine Zellenbildung durch Theilung, bei welcher der Gesammtinhalt der Mutterzelle vom ersten Augenblick der Theilung an, in so viel Theile zerfällt, als Tochterzellen entstehen. Im Thierreich, wo die Untersuchung ungleich schwieriger, der Organismus selbst viel complicirter, ist man in dieser Frage nicht so weit gediehen; doch sind die meisten der Gewebe-Arten auf ihren Zellenursprung zurückgeführt und ist die Theilung der Zellen, ähnlich wie im Pflanzenreich, mit Sicherheit nachgewiesen.

Alle höheren Thiere sind mit einem oder mit mehreren sehr entwickelten Circulationssystemen, aus vielfach verzweigten Röhren bestehend, versehen, in welchen die ernährenden Flüssigkeiten, das Blut und die Lymphe, kreisen. Der Pflanze fehlt dagegen jegliches Circulationssystem dieser Art; selbst die Milchsaftgefäfse, welche nur einer kleinen Zahl von Pflanzen eigen sind, bilden nur in seltenen Fällen (bei Carica Papaya und bei den Cichoraceen) ein durch Verschmelzung zahlloser Zellen entstandenes, unter sich vielfach verzweigtes, System safterfüllter Schläuche, welches als Theil des Gefäfsbündels mit demselben die Pflanze durchzieht, in welchem aber keine Circulation wahrzunehmen ist. Die Milchsaftgefäfse der Euphorbiaceen und des Schöllkrautes dagegen bestehen aus langen und häufig verzweigten Schläuchen, die ebenfalls durch Verschmelzung mehrerer Zellen entstanden sind. Der Saftaustausch innerhalb der Pflanze ist demnach ganz anderer Art als beim Thiere; der physiologische Procefs, d. h. der Procefs des Lebens in der Zelle, bewirkt hier allein den Saftaustausch, eine Zelle giebt der anderen auf dem Wege der Diffusion, d. h. durch ihre Wand, was sie braucht, eine Zelle sorgt somit für die andere. Auch im Thierreich findet sich diese Art des Saftaustausches, aber in beschränkterem Mafse. Das höhere Thier hat Verdauungsorgane, es nimmt die Speisen in dieselben auf, zerkleinert und zerlegt sie, und zieht aus ihnen die löslichen Stoffe um die nicht brauchbaren unbenutzt wieder abzugeben. Der Pflanze dagegen fehlen derartige Organe; ihre Würzelchen entlehnen dem Boden in Wasser gelöste Stoffe und ihre Blätter entziehen der Luft gas- und dunstförmige Substanzen. Nur die Oberfläche der Pflanze ist fähig Nahrungsmittel aufzunehmen und wie sie nimmt, so giebt sie auch zurück; nur das Gelöste oder Gasförmige kann von ihr aufgenommen oder ausgeschieden werden. Das höhere Thier hat ein Nervensystem, welches sowohl den Sitz der Empfindung als der Intelligenz darstellt und zugleich die Muskeln beherrscht und dadurch die Bewegungen vermittelt. Der Grad seiner Ausbildung bezeichnet zugleich den Grad der Intelligenz des Thieres. Der Mensch besitzt das am höchsten organisirte Nervensystem und ist deshalb das am höchsten begabte Thier. Bei der Pflanze kennen wir keine Organe, die den Nerven ähnlich wären und können deshalb bei ihr von

keiner Empfindung und willkürlichen Bewegung reden. Wenn die sogegannte Sinnpflanze, z. B. die Mimosa pudica, selbst bei der leisesten Berührung durch ein Zusammenlegen ihrer Blätter scheinbar Empfindung verräth, so mufs diese Erscheinung dennoch eine andere, freilich uns noch unbekannte, Ursach haben.

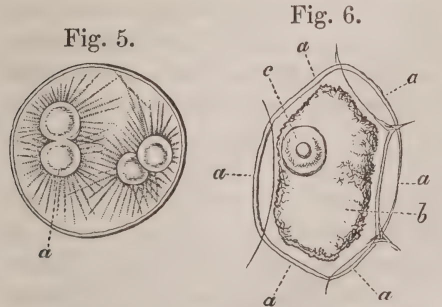
Die anatomisch-physiologischen Unterschiede sind demnach in den höheren Regionen beider grofsen Reiche sehr in die Augen fallend. Schon das Räderthier, ein mikroskopisches, sehr lebendiges Wesen, mit Verdauungsorganen, mit Circulations- und Nervensystem begabt, wird Niemand mit einer Pflanze verwechseln können. Kommen wir aber der Grenze näher, gelangen wir zu den einzelligen Thieren und Pflanzen, so wird die Bestimmung sehr schwierig; indem uns hier die Anhaltspunkte, die uns bis dahin leiten konnten, fehlen. Die Schwärmsporen (bewegliche Samen) gewisser Algen, um deren Erforschung sich namentlich A. Braun, Thuret, Cohn und Pringsheim grofse Verdienste erworben, kreisen, mit schwingenden Wimpern versehen, gleich den Infusorien im Wasser umher und liegen erst stille, wenn sie zu keimen beginnen. Die Schwärmfäden, bewegliche, spiralförmig aufgerollte Fäden, im männlichen Organ der höheren Kryptogamen (Moose, Farrnkräuter, Schachtelhalme u. s. w.) wirbeln, gleich den sogenannten Samenthieren des Thierreichs, lustig im Wasser dahin. Eine scheinbar willkürliche Bewegung ist jetzt nicht mehr ein Beweis der thierischen Natur. Die Cellulose, ein Kohlenhydrat, welches die Wand der Pflanzenzelle bildet, in Schwefelsäure löslich ist und von Aetzkali nicht angegriffen wird, ward bis zur letzten Zeit für das Kennzeichen der Pflanze gehalten, aber seitdem im Mantel der Ascidien und der Salpen, sowie in der Fleischschicht der Thetium- und anderer Spongienarten dieselbe Cellulose und zwar in ihrer so recht charakteristischen Modification (sich durch Jod. und Schwefelsäure blau färbend) nachgewiesen ist, mufste auch dieser Unterschied fallen. Die Contractilität (die Fähigkeit sich zusammenzuziehen und wieder auszudehnen) der thierischen Membran aber, jetzt noch der einzige Anker, ist eine schwache Stütze, indem auch die stickstoffhaltige, früher als die Zellstoffhülle entstehende, Membran einiger Schwärmsporen in kurzen Zwischenräumen mehr oder weniger ihre Gestalt verändert.

Legen wir darum die Hand aufs Herz und bekennen, dafs wir zur Zeit kein genaues, für alle Gruppen gültiges, Unterscheidungsmerkmal zwischen Thier und Pflanze zu geben vermögen. — Es ist keine Schande, dafs wir so weit gekommen sind alle bisherigen Unterschiede ungenügend zu finden. Die Entwickelungsgeschichte wird hier allein zum Ziele führen. v. Siebold und Cohn haben von dieser Seite her Grofses geleistet; auf dem von ihnen eingeschlagenen Wege wird uns die Erkenntnifs dieser Grenze kommen, wenn eine solche überhaupt vorhanden ist (?).

So kehren wir den jetzt, nachdem wir die wesentlichen Verschiedenheiten der drei Naturreiche, nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft prüfend erwogen, zur Pflanze zurück, um uns zunächst mit ihren

Zellen zu beschäftigen, die wir nur mit Hülfe des Mikroskopes genauer studiren können.

Das Urbild einer Pflanzenzelle läfst sich am besten als kugeliges oder walzenförmiges Bläschen auffassen (Fig. 5), das im lebenden Zustande mit einer wässerigen Flüssigkeit erfüllt ist, die aufser verschiedenen festen oder im Zellsaft gelösten Stoffen noch einen Zellkern (ein kugeliges oder linsenförmiges Körperchen) (Fig. 6) und einen mit dem Zellsaft nicht mischbaren stickstoffhaltigen Schleim (das Protoplasma) enthält, welcher letztere vorzugsweise im Umkreis der Zellwandung und in der Nähe des Zellkerns angehäuft ist, und dessen äufsere, mehr verdichtete Schicht (die Hautschicht des Stickstoffschleimes) sich der festen Zellwand dicht anschmiegt. Die feste Zellwand aber ist in der Regel aus mehreren Schichten zusammengesetzt, die aus einer stickstofffreien Verbindung, dem Pflanzenzellstoff (Cellulose) bestehen, welcher in den meisten Fällen durch Jod und Schwefelsäure eine blaue Färbung annimmt. Die äufserste Schicht, die primäre Zellmembran, welche ursprünglich niemals durchlöchert ist, erscheint als die älteste; die ihr folgenden Schichten aber, die Verdickungsschichten, welche verdünnte Stellen oder gar Löcher besitzen, sind nach einander gebildet und zwar so, dafs die innerste Schicht die jüngste Bildung darstellt. Die primäre Membran und die Verdickungsschichten der Pflanzenzelle entstehen nun nach Pringsheim direct aus der Hautschicht des Stickstoffschleimes, welche bei diesem Uebergang selbst eine chemische Veränderung erleidet, während nach der älteren Ansicht die Hautschicht, welche v. Mohl den Primordialschlauch nennt, nur eine schichtenweise Ausscheidung von Zellstoff und damit die Bildung der primären Membran und ihrer Verdickungsschichten bewirkt. Pringsheim's Auffassung scheint mir den Thatsachen am besten zu entsprechen, zumal da der Primordialschlauch als selbstständige Membran nicht überall und zu jeder Zeit nachweisbar ist, sich überhaupt als solche nur durch die Einwirkung von Salzlösungen, verdünnten Säuren, Weingeist u. s. w. zu erkennen giebt.



Die Zelle ist demnach etwas ganz anderes als der Krystall, welcher nach Innen und Aufsen aus gleichartigen Stoffen besteht, zwischen denen also auch keine chemische Wechselwirkung stattfinden kann, während in

Fig. 5. Eine Mutterzelle des Samens von Anthoceros laevis (ein laubiges Lebermoos). *a* Ein Zellenkern in seiner Theilung begriffen. Vom Zellkern gehen fadenförmige Schleimströme zum Umkreis der Zelle (400 mal vergröfsert).

Fig. 6. Eine Zelle aus der Wurzel der Bocks-Orchis (Himantoglossum hircinum). *a* Ueberall die aus Zellstoff bestehende Wand dieser Zelle. *b* Die Hautschicht, durch Weingeist etwas zusammengezogen. *c* Der Zellkern (200 mal vergröfsert).

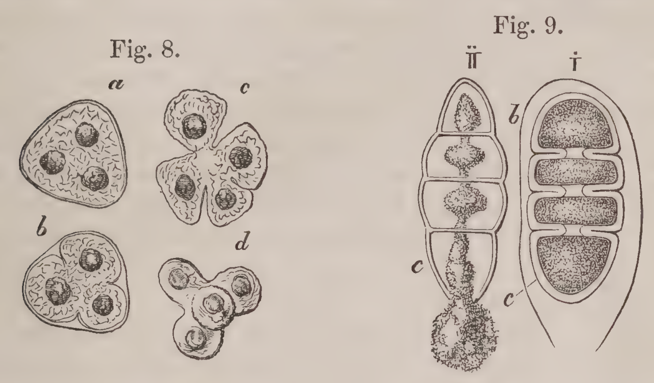
der Thier- und Pflanzenzelle, so lange selbige lebt, unablässig chemische und physikalische Processe vor sich gehen, durch welche sowohl die Zelle selber wächst, als auch in ihr entweder neue Zellen oder bestimmte chemische, zum Theil regelmäſsig geformte, Stoffe gebildet werden. Bei diesen Lebensvorgängen der Zelle scheint nun der Zellkern, welcher aller Wahrscheinlichkeit nach immer stickstoffhaltig ist und der Stickstoffschleim eine hervorragende, ja gewissermaſsen einleitende Rolle zu spielen, welche wohl zunächst in der leichten Umsetzungsfähigkeit der stickstoffhaltigen Verbindungen überhaupt ihre Erklärung findet. So sehen wir den Stickstoffschleim in üppig vegetirenden Zellen in strömender Bewegung, die entweder als einfacher Strom in einer bestimmten Bahn längs der Zellwand verläuft und an der einen Seite aufsteigt, um an der anderen abwärts zu gehen (bei den Wurzelhaaren und anderen Zellen vieler Wasserpflanzen [Hydrocharis, Valisneria, Nitella, Chara] und in jungen Haarzellen mit wandständigem Zellkern) (Fig. 7), oder als sehr complicirtes Netzwerk kleiner zahlreicher Seitenströme, die vom Hauptstrom längs der Zellwand zum Zellkern verlaufen, der in diesem Falle im Mittelpunkt der Zelle liegt, und wieder von ihm zur Wand zurückkehren, welche Form der Saftströmung in den Staubfadenhaaren der Tradescantia am schönsten zu beobachten ist. Wenn derartige Saftströme später erstarren, so erscheint der centrale Zellkern oftmals wie an Spinnefäden aufgehängt (Fig. 5. p. 13). Die Bewegung des Stickstoffschleimes ist bei manchen Pflanzen schneller und bei manchen langsamer, sie scheint aber keiner lebenden Zelle zu fehlen; Wärme und Licht befördern dieselbe.

Fig. 7.

Das Stärkmehl, das Inulin, das Klebermehl und das Chlorophyll gehören zu den geformten Erzeugnissen der Pflanzenzelle; der Zucker, das Dextrin und viele Salze dagegen sind im Zellsaft aufgelöst, die schwer löslichen Salze aber in Krystallform ausgeschieden; fette und ätherische Oele, Wachs und Harze endlich sind im Zellsaft vertheilt. Das Stärkmehl, Inulin, das Dextrin und der Zucker sind Kohlenhydrate, d. h. Verbindungen des Kohlenstoffes mit Wasser und Sauerstoff im Verhältniſs der Wasserbildung; die Oele und Harze dagegen sind entweder reine Kohlenwasserstoff-Verbindungen oder sie enthalten doch weniger Sauerstoff als zur Wasserbildung nöthig ist; das Klebermehl und Chlorophyll endlich sind stickstoffhaltig. Die genannten Stoffe, von den Pflanzenzellen bereitet, dienen sämmtlich mehr oder weniger als Reserve- oder Nahrungsstoffe für die Pflanze, indem sie später zum Zwecke der Ernährung von ihr verwerthet werden. Die Krystalle bestehen meistens aus einer anorganischen Basis (Kalk- und Talkerde) mit einer Pflanzensäure.

Fig. 7. Haar des jungen Fruchtknotens einer Nachtkerze (Oenothera muricata), Die Pfeile zeigen die Richtung des Stromes (200 mal vergröſsert).

Wenn sich neue Zellen bilden, so geschieht dies, wie bereits erwähnt, immer im Innern anderer Zellen. Die Hautschicht des Stickstoffschleimes theilt sich bei der einen Art der Zellenbildung, von ihrem Umkreis aus eine Kreisfalte bildend, in zwei, seltener in vier Theile (Fig. 8), wodurch der Gesammtinhalt der Mutterzelle in so viel Portionen zerfällt, als Tochterzellen entstehen, deren jede einen Zellkern enthält, welcher vorher durch Theilung des Zellkerns der Mutterzelle entstanden ist. Entweder schon im Verlaufe (Fig. 9) oder erst nach beendigter Theilung erscheint nun die



Zellstoffmembran als feste Hülle um den getheilten Inhalt der Mutterzelle, wobei in der Regel die Wand der letzteren sofort aufgelöst wird, und in den geschlossenen Geweben das Bindemittel der Zellen miteinander, die Intercellularsubstanz, liefert.

Mehr als vier Zellen entstehen, soviel ich beobachtet, niemals durch directe Theilung. In der Regel bilden sich zwei Tochterzellen; bisweilen wiederholt sich die Theilung der beiden jungen Tochterzellen, noch ehe sie eine Zellstoffhülle erhalten; häufiger dagegen entstehen vier Tochterzellen durch einmalige directe Theilung des Zellinhaltes. Die Zellen aller geschlossenen Gewebe entstehen auf diese Weise und ist die regelmäfsige Anordnung der ersteren Folge der regelmäfsigen Theilungsart, wobei für die Gestalt der Zellen die Richtung der Theilung wesentilch

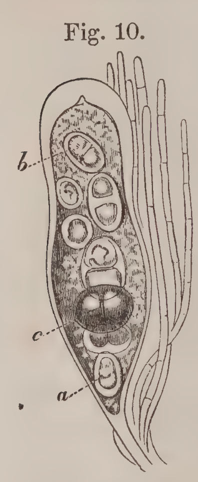
Fig. 8. Mutterzellen des Samens von Blasia pusilla (eines laubigen Lebermooses). *a* Vor der Theilung des Zellinhaltes; *b* im Beginn derselben; *c* und *d* der sich in vier Tochterzellen theilende Inhalt isolirt. Die Membran der Mutterzelle wird in diesem Zustand durch Chlorzinklösung aufgelöst. Jede Tochterzelle besitzt einen Zellkern. (Vergröfserung 400 mal).

Fig. 9. Sporenschläuche einer wahrscheinlich zur Gattung Melobesia gehörigen Algenart. I Ein Sporenschlauch, mit seinem in halbvollbrachter Theilung befindlichen körnigen Inhalt, der, soweit die Abschnürung gediehen ist, von einer breiten, durchsichtigen, farblosen Membran umgrenzt wird; *b* die innere Membran des Sporenschlauches. II Der in der Theilung begriffene Inhalt eines anderen Sporenschlauches (*c*), aus welchem durch endosmotische Einwirkung des Wassers der körnige innere Theil, noch in der Mitte zusammenhängend, herausströmt (Vergröfserung 400 mal).

ist. Alle Holzzellen sind z. B. schon von Anfang an langgestreckt, weil sie durch Längstheilung einer langgestreckten Mutterzelle entstanden sind.

Bei der anderen Art der Zellenbildung theilt sich der Inhalt der Mutterzelle nicht. Es bildet sich vielmehr in und aus dem Stickstoffschleim derselben ein Zellkern und um letzteren entsteht, wahrscheinlich durch allmälige Verdichtung des Stickstoffschleimes, eine Hautschicht, die sich, indem Zellsaft zwischen selbige und den Zellkern tritt, ganz allmälig von letzterem, ihn wie eine Blase umhüllend, abhebt, worauf die Bildung der Zellstoffwand durch die Hautschicht in normaler Weise stattfindet. Diese, sogenannte freie, Zellenbildung hat eine viel beschränktere Verbreitung. Nur ein Theil des Inhaltes der Mutterzellen wird hier zur Bildung der Tochterzellen verbraucht, die Mutterzelle geht deshalb nicht unter, sie dauert fort und ernährt ihre Tochterzellen. Die Zahl der letzteren ist bei dieser Art der Zellenbildung unbestimmt, auch findet man innerhalb einer und derselben Mutterzelle Tochterzellen von sehr verschiedenem Alter (Fig. 10). Die Mutterzellen des Sameneiweifses im Keimsack einiger Phanerogamen entstehen durch freie Zellenbildung, vermehren sich ihrerseits aber später durch Theilung. Die Samen der Pilze und Flechten bilden sich gleichfalls durch freie Zellenbildung.

Fig. 10.



Da wir im Pflanzenreich keine Zellenbildung aufserhalb einer Mutterzelle kennen, so haben wir auch gar keinen Grund eine Urzeugung (Generatio spontanea) irgendwo anzunehmen. Wo wir plötzlich, selbst im Innern anderer Pflanzen, Pilze oder sonst niedere Gewächse auftreten sehen, müssen dieselben aus Samen, die, wie wir jetzt wissen, oft Jahre lang ihre Keimkraft bewahren, entstanden sein. Ich habe mich sicher überzeugt, dafs diejenigen Pilze, die wir im Innern anderer Pflanzen häufig finden, von Aufsen her durch die Zellwand eingedrungen sind. Carl Vogt *) hat die Gründe und Gegengründe der Urzeugung scharfsinnig erwogen; er findet, dafs wir weder im Pflanzen- noch im Thierreich irgend Beweise für dieselbe haben, dafs sich aber dessen ohngeachtet die Urzeugung, vom philosophischen Standpunkte aus, wenn man auf den Uranfang der Thiere und Pflanzen zurückgeht, nicht ganz von der Hand weisen läfst. Ueber den Uranfang der lebenden Wesen können wir uns aber bis jetzt gar keine Vorstellung machen, wir wissen von ihr durchaus gar nichts und thun deshalb wohl uns aller Grübeleien über selbige zu enthalten.

Fig. 10. Sporenschlauch (Mutterzelle) des Samen von Borrera ciliaris (einer Flechte). *a, b, c* Samen in verschiedenen Entwickelungsstadien (400 mal vergröfsert). Aus Zellen bestehende Fäden (Saftfäden, Paraphysen) umgeben den Sporenschlauch.

*) Bilder aus dem Thierleben. Frankfurt 1852.

Nachdem wir den Normalbau und die Art des Werdens der Zelle betrachtet, wenden wir uns jetzt zur Ausbildung und zur Function derselben. Die Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeimes lehrt, daſs aus einer Zelle nach und nach, durch oftmals wiederholte Zellentheilung, ein immer gröſser werdender Körper entsteht, der sowohl seine anfänglich kugelförmige Gestalt als seinen inneren Bau verändert. Es erscheinen an dem einen Ende eine, zwei oder mehrere Blattanlagen (die Samenlappen oder Keimblätter) und zwischen ihnen bildet sich die Stammknospe (das Federchen, die Plumula), während am anderen Ende des jungen Keimlings die Wurzelspitze (Radicula) auftritt (Fig. 11). Sobald sich äuſserlich die ihrer Function nach so wesentlich verschiedenen Theile des Keimes differencirt haben, erscheinen auch die anfänglich an Gestalt und Inhalt durchaus gleichen Zellen von verschiedenem Werth und treten namentlich dreierlei Zellenarten hervor: ein Oberhautgewebe aus einer oder zwei Zellenschichten bestehend, ein Nahrungsgewebe, aus Zellen mit Stärkmehl oder anderen Reservestoffen erfüllt, und ein fortbildendes Gewebe, dessen Zellen zarter und reicher an stickstoffhaltigen Substanzen sind. Aus dem letzteren Gewebe besteht die Stammknospe (*p*) und der fortbildungsfähige Theil der Wurzelspitze (*r*), auch verbindet dasselbe diese beiden fortbildungsfähigen Endpunkte der Axe des Keimlings als cylinderförmiger Ring, Verdickungsring (*cbR*), welcher das Innere der Axe, das Mark, von dem äuſseren Theil, der Rinde, scheidet. In jeden Samenlappen verläuft ein Zweig dieses fortbildungsfähigen Gewebes. Das Mark und die Rinde aber, durch den Verdickungsring getrennt, bestehen aus dem Nahrungsgewebe, das sich durch seinen Inhalt und die Weise, in der es sich später ausbildet, von den Zellen der Oberhaut wesentlich unterscheidet.

Fig. 11.

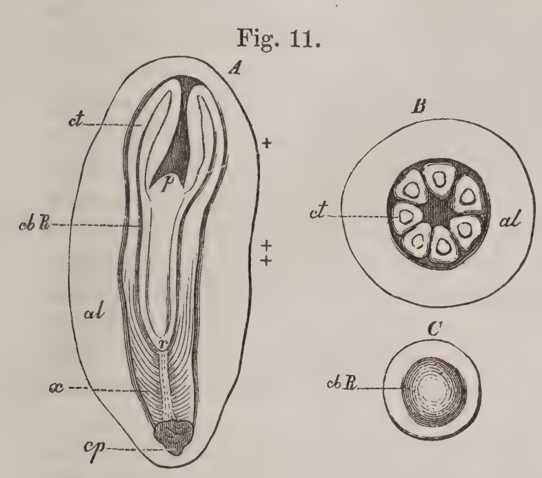


Fig. 11. Der Kern des reifen Samens der Kiefer (Pinus sylvestris). *A* Längsschnitt durch die Mitte desselben; *al* das Sameneiweiſs; *cbR* der Verdickungsring; *ct* ein Samenlappen; *cp* Ueberrest der Corpuscula; *r* Vegetationskegel der Wurzelanlage; *p* Vegetationskegel der Stammknospe (plumula). *B* Querschnitt durch den Kern in der Höhe von *A* +; *al* und *ct* wie oben. *C* Querschnitt durch den Keim in der Höhe von *A* ‡; *cbR* der Verdickungsring (30 mal vergröſsert).

Die Gestalt der Zellen ist nun für keine Art des Gewebes mafsgebend. Je nachdem nämlich die Zellmembran in ihrem ganzen Umkreise gleichmäfsig wächst oder nicht, bleibt ihre ursprüngliche Gestalt oder ändert sich dieselbe; wir finden deshalb fast unter allen Arten der Gewebe regelmäfsige und unregelmäfsige Formen (Fig. 12). Die Lebensgeschichte der Zelle selbst, nicht die Gestalt allein, mufs deshalb die verschiedenen Zellenarten charakterisiren.

Fig. 12.

Ebensowenig wie die Gestalt ist auch die Weise, in welcher sich die eine oder andere Zelle verdickt, für die Art derselben mafsgebend; es giebt Parenchymzellen (Nahrungszellen) mit verdickter und mit zarter Wandung. Sogar die chemische Beschaffenheit der Wand ändert nicht absolut die Function der Zelle; man kennt verholzte Zellen, z. B. im Holz der Eiche, die, gleich den nicht verholzten dünnwandigen Nahrungszellen, Stärkmehl bilden. Die Natur erlaubt keine scharfe Trennungen, daher sind auch alle unsere Systeme, alle unsere Eintheilungen, mehr oder weniger mangelhaft. Das Bildungsgesetz allein gestattet keine Ausnahmen; wo es gilt, naturgemäfse Eintheilungen zu begründen, müssen wir demselben überall den Vorrang zuerkennen.

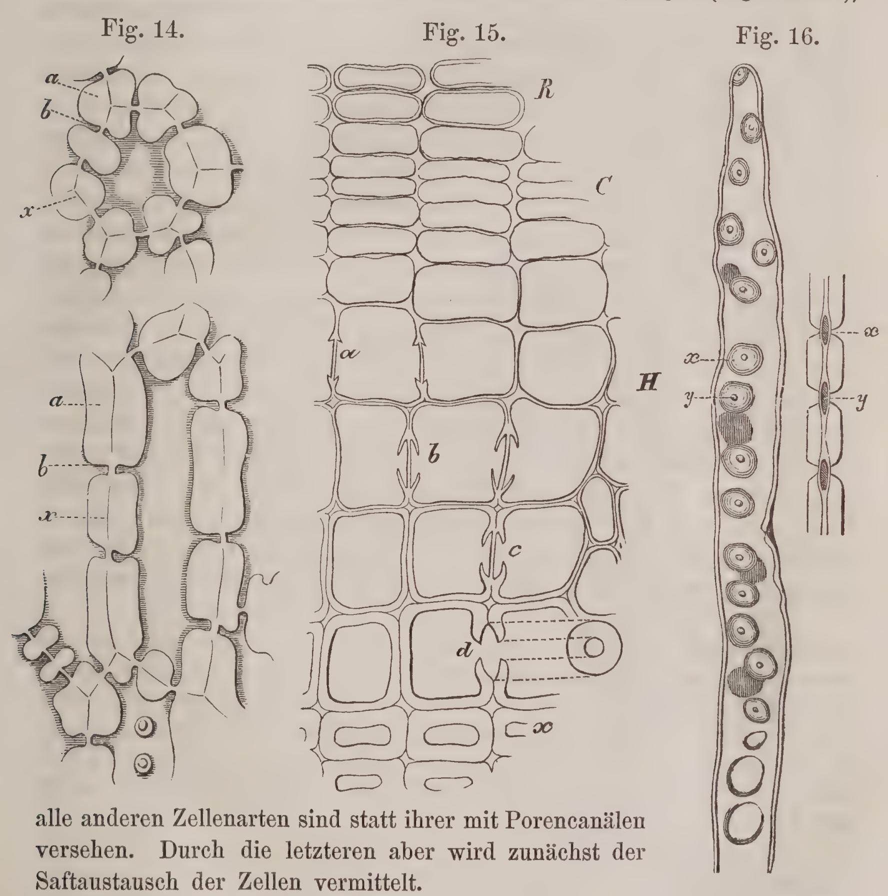
Die Zelle, deren erste Zellstoffhülle niemals durchlöchert ist, wächst und verdickt ihre Wandung, indem sich aus der Hautschicht, die sich fortdauernd erzeugt, nach einander Zellstofflagen (Verdickungsschichten) abscheiden, wodurch die Zellwand oftmals eine bedeutende Dicke erreicht. Nun lagert sich der Zellstoff selten oder niemals, Schichten bildend, gleichmäfsig auf der zuerst entstandenen Wandung ab, zeigt vielmehr in der Regel gröfsere oder kleinere Lücken. So entstehen die Spiralbänder (Fig. 13) und netzförmig verdickten Stellen der Zellwand, welche oft in den zierlichsten Formen auftreten. Auf dieselbe Weise bilden sich auch die Porencanäle, d. h. kleine Lücken in den Verdickungsschichten, welche mit ähnlichen Lücken der benachbarten Zellwand genau zusammentreffen (Fig. 14 *b*), so dafs beide Wände an diesen Orten nur durch ihre zuerst entstandene, nicht durchlöcherte, Zellmembran getrennt sind. Von den Porencanälen aber sind die Tüpfel dadurch unterschieden, dafs bei ihnen im ausgebildeten Zustande die Scheidewand durch Resorption verschwunden ist, so dafs sie Löcher in der Zellwand darstellen.

Fig. 13.

Fig. 12. Zellen aus dem Lederkork (dem Periderma) der Kiefer (200 mal vergröfsert). Aus ursprünglich tafelförmigen, länglich runden Zellen sind allmälig tafelförmige unregelmäfsig gestaltete Zellen entstanden. Die Oberhaut entwickelt häufig ähnliche Zellenformen, z. B. auf den Blättern vieler Farrnkräuter, auf dem Blatt der Buche u. s. w.

Fig. 13. Eine Zelle aus dem Holzring von Mamillaria stellaris (eine Cactusart). Das Spiralband ragt hier plattenförmig in die Höhlung der Zelle hinein (200 mal vergröfsert).

Bisher wurde freilich angenommen, daſs der linsenförmige Raum, welcher sich beim ächten Tüpfel zwischen den Porencanälen der beiden sich berührenden Zellwände findet, durch eine Membran verschlossen sei und gewissermaſsen eine kleine Zwischenzelle bilde, allein meine neuesten Untersuchungen haben ergeben, daſs dies nicht der Fall ist und daſs der Tüpfelraum aus dem erweiterten Grunde beider Porencanäle durch Resorption der trennenden Scheidewand hervorgeht. Die Tüpfel sind nur den Gefäſs- und Holzzellen, welche beide frühzeitig ihren Saft verlieren, eigen (Fig. 15 u. 16),



alle anderen Zellenarten sind statt ihrer mit Porencanälen versehen. Durch die letzteren aber wird zunächst der Saftaustausch der Zellen vermittelt.

Fig. 14. Zellen aus dem Sameneiweiſs der Dattel, im Querschnitt und im Längsdurchschnitt. *a* Die verdickten Stellen der Zellwandung; *b* die Porencanäle; *x* die Trennungslinie der sich berührenden Zellen (400 mal vergröſsert).

Fig. 15. Querschnitt aus dem Holz der Kiefer im Frühling, die Entwickelungsgeschichte des Tüpfels darstellend. *R* sind junge Zellen der Rinde; *C* ist das Cambium und *H* das Holz, dessen Zellen nach dem Grade der Entfernung vom Cambium weiter ausgebildet sind, was sich sowohl in ihrer Gestalt, als auch in dem Grade ihrer Ver-

Sowohl die zuerst gebildete Zellwand, als die später entstandenen Verdickungsschichten bestehen ursprünglich immer aus Pflanzenzellstoff (Cellulose). Concentrirte Schwefelsäure, sowie chlorsaures Kali und Salpetersäure lösen diese Zellwand, Aetzkali löst sie nicht, bewirkt aber ein Aufquellen; Jod und Schwefelsäure färben sie in der Regel schön blau. In sehr vielen Fällen, z. B. bei allen Holz- und Gefäſszellen, desgleichen bei den Zellen der Oberhaut und des Korkes, ändert sich später die chemische Beschaffenheit der Zellwandung. Bei der Ausbildung solcher Zellen schwindet der Zellstoff mehr und mehr aus ihrer Wand, und geht in Holzstoff oder Korkstoff über. Der Holzstoff (das Xylogen) ist in Schwefelsäure schwer oder gar nicht löslich, wird dagegen von Aetzkali, sowie von chlorsaurem Kali und Salpetersäure*) gelöst; Jod und Schwefelsäure bewirken keine blaue Färbung. Der Holzstoff bedingt die starre Beschaffenheit der Zellen, durch ihn erlangt das Holz seine Festigkeit. Kocht man das letztere mit Aetzkalilösung, so wird der Holzstoff entfernt und die vormals starre Holzzelle biegsam. Die Bastzelle des neuseeländischen Flachses ist starr, weil sie Holzstoff enthält; kocht man sie mit Aetzkali, so wird sie biegsam, gleich der Baumwolle. Der Korkstoff ist ebenfalls in Schwefelsäure unlöslich; Aetzkali löst ihn dagegen und chlorsaures Kali und Salpetersäure, überhaupt oxydirende Mittel, verwandeln ihn in eine wachsartige, in Aether und Alcohol lösliche Substanz. Der Korkstoff macht gleichfalls die Zellwand fester; durch Kochen mit Aetzkali läſst sich derselbe aus ihr entfernen, worauf die Reaction des Zellstoffes (die blaue Färbung durch Jod und Schwefelsäure) in einem geringen Grade wiederkehrt; beim eigentlichen Kork dagegen ist der Zellstoff oftmals ganz verschwunden. Der Korkstoff ist vielleicht nur eine Modification des Holzstoffes, durch den Einfluſs der Atmosphäre entstanden; er findet sich nur an der Oberfläche der Pflanzen,

dickung kundgiebt. *a* ist demnach der jüngste Zustand eines Tüpfels und *d* der vollkommen ausgebildete Tüpfel, der bereits die Scheidewand verloren hat und deshalb als offener Canal zwischen den beiden Zellen auftritt. Die punktirten Linien, welche seitlich von ihm auf zwei Kreise hinführen, erklären die Ansicht des Tüpfels von oben, wie ihn die Holzzelle (Fig. 16) darstellt. Die Holzzellen bei *d* sind fertig und haben schon ihren Saft verloren; *x* ist die Grenze des Jahresringes, also das Herbstholz des vergangenen Jahres (300 mal vergröſsert).

Fig. 16. *A* Theil einer isolirten Holzzelle der Kiefer (200 mal vergröſsert). *x* Der Tüpfelraum; *y* der Porus des Tüpfels von oben gesehen. *B* Partie zweier Holzzellen im Längsschnitt; *x* der durchgeschnittene Tüpfel mit seinem Tüpfelraum; *y* der engere Theil des Porencanals, welcher zu dem Tüpfelraum verläuft. Der letztere erscheint bei *A* als innerer Kreis, als Porus (*y*). Nur wenn der Schnitt mindestens so zart als der engste Theil des Tüpfelcanals weit ist, erscheint derselbe unter dem Mikroskop gesehen offen, sobald dagegen der Schnitt nur ein wenig dicker ausfällt, oder die Mitte des Tüpfels nicht genau getroffen wurde, erblickt man ihn wie er bei *B* dargestellt ist.

---

*) Das Macerationsverfahren nach SCHULZE.

in den Zellen der Oberhaut und in den Korkgeweben; der Holzstoff dagegen erscheint nur in der Wand der inneren Gewebe.

Die innerste, jüngste, Verdickungsschicht der Zellwand besteht, so lange die Zelle lebt, immer aus reinem Zellstoff, gleichgültig ob alle älteren Schichten verholzt oder verkorkt sind; durch dieses zarte Zellstoffhäutchen, das sich in die Porencanäle und verdünnten Stellen der Zellwand senkt, wird auch wahrscheinlich der Saftaustausch der Zellen unterhalten, während die verholzten und verkorkten Theile der Zellwand für Flüssigkeiten undurchdringlich scheinen.

Die Zellen sind in der Pflanze durch einen Verbindungsstoff, welcher sich aus der Membran der untergegangenen Mutterzellen gebildet hat und Intercellularsubstanz genannt wird, mit einander vereinigt. Dieser Stoff, der selten in grofser Menge auftritt, verhält sich chemisch anders als der Zellstoff; er wird von Schwefelsäure meistens gar nicht angegriffen, dagegen beim Kochen mit Aetzkali, oder bei Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure, leicht aufgelöst; Jod und Schwefelsäure färben ihn im ausgebildeten Zustande nicht mehr blau. Wenn man ein Stückchen Holz oder irgend einen anderen Pflanzentheil mit Aetzkali oder chlorsaurem Kali und Salpetersäure erwärmt, so zerfällt er in seine Zellen, der Verbindungsstoff wird hier entfernt und man erkennt die Gestalt und den Bau der einzelnen Zellen jetzt auf das Genaueste; dagegen kann man auch umgekehrt beim Holz der Nadelhölzer u. s. w. durch Auflösen der Zellen den Intercellularstoff als Netzwerk mit leeren Maschen darstellen (Fig. 17).

Fig. 17.

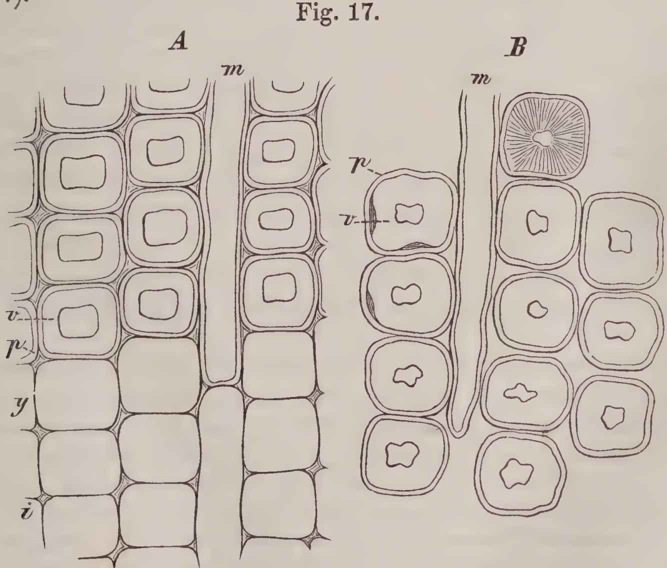


Fig. 17. *A* Sehr zarter Querschnitt aus dem Holz von Pinus canariensis: die obere Hälfte so dargestellt, wie sich derselbe nach einer kurzen Behandlung mit Salpetersäure

Die Wände der Zellen, welche ein Gewebe bilden, berühren sich nur selten nach allen Seiten hin vollständig, es bleibt in der Regel da, wo mehrere Zellen zusammentreffen, zwischen ihnen ein Raum, den entweder der besprochene Zwischenstoff, oder Luft, seltener eine Flüssigkeit erfüllt. Diese Räume hat man Zwischenzellenräume (Intercellularräume) genannt. Gröſsere mit Luft erfüllte Lücken, z. B. in den Blättern und Blattstielen der meisten Wassergewächse, heiſsen Zwischenzellenlücken (Intercellularlücken). Im Blattstiel der Victoria bilden sie lange runde Luftcanäle. Die Harzgänge im Blatt und in der Rinde der Nadelbäume (Fig. 18) sind gleichfalls Zwischenzellenlücken.

Fig. 18.

Dem Verbindungsstoff ähnlich verhält sich die Absonderungsschicht (Cuticula) der Oberhaut, die der Schwefelsäure widerstehend, sich überall als zartes Häutchen von den Blättern und anderen Pflanzentheilen abhebt. Diese Absonderungsschicht ist ein erhärtetes Secret der Zellen und meistens in Aetzkali löslich. Unter ihr bilden sich bei vielen lederartigen Blättern, desgleichen bei der Oberhaut der Stammtheile nicht selten verkorkte Verdickungsschichten, welche als Cuticularschichten bezeichnet werden, und die der Oberhaut zarter Blätter fehlen.

Zellen, mit einander verbunden, nennen wir Gewebe. Im Keimling haben wir drei Arten des letzteren kennen gelernt; Fortbildungs-, Nahrungs- und Oberhautgewebe. Das Fortbildungsgewebe dient, wie schon sein Name sagt, zunächst zur Zellenvermehrung, es findet sich an beiden Endpunkten; desgleichen im Verdickungsring und an der Oberfläche des Keimlings, seine Zellen, kleiner als die des Nahrungsgewebes, sind reich an stickstoffhaltiger Substanz, Zucker und Schwefelsäure färben sie deshalb rosenroth. Durch das Fortbildungsgewebe der Endpunkte des Keimlings wachsen Stamm und Wurzelknospen; durch das Fortbildungsgewebe im Verdickungsringe aber entstehen die Gefäſsbündel, mit ihren Gefäſs-, Holz- und Bastzellen; durch den Verdickungsring verdickt sich auſserdem der Stamm und die Wurzel. Durch das Fortbildungsgewebe der Oberfläche entsteht endlich die Oberhaut mit ihren Spaltöffnungen und

zeigt, durch welche die Intercellularsubstanz (i) gelb gefärbt wird und sich die primäre Membran der Holzzellen (p) von den Verdickungsschichten dieser Zellen (v) deutlich markirt; die untere Hälfte (y) dagegen ist so abgebildet, wie sie nach der Entfernung der Holzzellen durch Schwefelsäure erscheint; die Intercellularsubstanz ist als leeres Netz zurückgeblieben; m ein Markstrahl. B Ein ähnlicher Querschnitt, aus dem die Intercellularsubstanz durch Einwirkung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali entfernt ist, so daſs die Zellen unverbunden nebeneinander liegen. Die Verdickungsschichten trennen sich hierbei nicht selten von der primären Membran der Holzzellen, und zeigen an den zartesten Stellen des Schnittes eine äuſserst feine strahlenartige Zeichnung (Vergröſserung 200 mal).

Fig. 18. Harzgang aus dem Querschnitt des Blattes der Edeltanne.

Haargebilden, desgleichen späterhin der Kork. Das Nahrungsgewebe (das Parenchym), im Keimling das Mark und den gröfsten Theil der Rinde bildend, dient nur in beschränktem Mafse der Zellenbildung, seine Zellen, gröfser und ärmer an stickstoffhaltigen Substanzen sind dafür mit Nahrungsstoffen, d. h. mit Stärkmehl, Inulin, Zucker, Dextrin, Klebermehl, Blattgrün, fetten Oelen oder anderen Kohlenwasserstoff-Verbindungen erfüllt. Dieses Gewebe verarbeitet gewissermafsen bestimmte Stoffe, die es durch das Oberhautgewebe aus der Luft und dem Boden empfängt, es liefert dem Fortbildungsgewebe die Kohlenstoffnahrung. Das Nahrungsgewebe kann zunächst nur seine eigene Zellenart fortbilden; aus ihm kann niemals eine Holz- oder eine Gefäfszelle entstehen.

Das Nahrungsgewebe bildet das Mark, einen Theil der Rinde, desgleichen einen wesentlichen Theil des Blattgewebes, es füllt überhaupt alle Räume aus, die nicht von den Gefäfsbündeln oder vom Oberhaut- und Korkgewebe eingenommen werden, weshalb Schleiden es als Füllgewebe bezeichnet. Im Nahrungsgewebe der Kartoffel ist das Stärkmehl

Fig. 19.

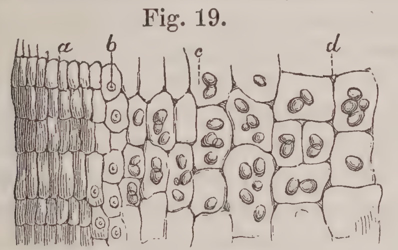
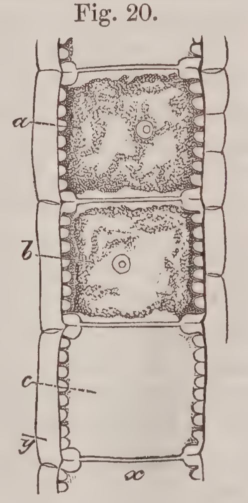


Fig. 20.



enthalten (Fig. 19). Im Nahrungsgewebe des Weizenkorns liegt ebenfalls das Stärkmehl und mit ihm die Hauptnährkraft des Getreidekornes. Der Zucker im Zuckerrohr und in der Runkelrübe ist gleichfalls ein Product desselben. Die Gefäfsbündel, welche das Nahrungsgewebe der Kartoffel durchziehen, desgleichen das Korkgewebe, welches ihre Knollen schützt, führen kein Stärkmehl.

Das fortbildungsfähige Gewebe des Verdickungsringes sondert sich sehr bald in einzelne Gruppen und in diesen entstehen zuerst nach dem Mark zu längere spiralförmig verdickte Zellen, deren Querwände später mit dem Saft verschwinden (Fig. 20), so dafs aus einer Zellenreihe

Fig. 19. Längsschnitt aus der Rindenpartie der Kartoffelknolle. *a* Korkgewebe; *b* Zellen mit deutlichen Zellkernen ohne Stärkmehlkörner; *c* das eigentliche Nahrungsgewebe, mit Stärkmehlkörnern erfüllt. Das Nahrungsgewebe des Markes der Kartoffelknolle gleicht demselben vollständig. *d* Ein Zwischenzellenraum (50 mal vergröfsert).

Fig. 20. Ein noch saftführendes, netzförmig verdicktes und getüpfeltes Gefäfs von Carica Papaya im Längsschnitt. In den Zellen *a* und *b* dieses Gefäfses hat sich die Hautschicht zusammengezogen, der Zellkern ist sehr deutlich; *c* ist ohne Inhalt gezeichnet; *x* die Scheidewand, welche aus zwei Platten besteht, was oftmals sichtbar wird; *y* die das Gefäfs umgrenzenden Zellen (100 mal vergröfsert).

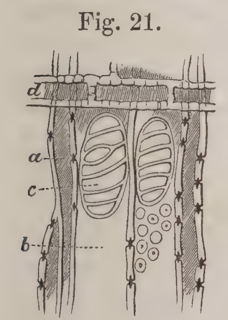
sich eine mit Luft erfüllte Röhre bildet, die als Gefäſs bezeichnet wird. Neben ihnen bilden sich darauf andere, ebenfalls langgestreckte Zellen, welche etwas später ihren Saft verlieren und deren Querwand nicht resorbirt wird, die Holzzellen. Die Wand der letzteren sowohl als der Gefäſse nimmt Holzstoff in sich auf. Nach der Seite der Rinde hin erscheinen dann ebenfalls langgestreckte Zellen, deren Wandung in der Regel nicht verholzt, die Bastzellen. Zwischen den Gefäſs- und Holzzellen, welche nach dem Mark zu liegen und den Bastzellen, welche der Rinde zugewendet sind, bleibt bei den Dicotyledonen ein Theil des Verdickungsringes als Fortbildungsschicht, durch welche fortwährend neue Gefäſse, neue Holz- und neue Bastzellen entstehen, wodurch sich der Stamm und die Wurzel dauernd verdicken. Den Theil des Verdickungsringes nun, dessen Zellen fortwährend zur Neubildung thätig sind, die zartwandig und reich an stickstoffhaltiger Substanz verbleiben, nennen wir Cambium (Fig. 15. p. 19).

Die Bildung der Gefäſse, der Holz- und der Bastzellen im Verdickungsring erfolgt, wie ein Querschnitt durch eine keimende Pflanze oder einen jungen Zweig erweist, gruppenweise. Eine solche Gruppe besteht in der Regel aus den vier genannten Zellenarten (Gefäſsen, Holz-, Bast- und Cambiumzellen), zu denen sich für den inneren Theil bei den Laubhölzern noch eine andere Zellenart, das Holzparenchym, gesellt, welches gewissermaſsen zwischen der Holzzelle und dem Nahrungsgewebe steht und wie dieses Stärkmehl u. s. w. bildet, für den äuſseren Theil aber noch die Siebröhren, eine den Bastzellen verwandte, erst durch Hartig nachgewiesene Zellenart, und das Bastparenchym, eine dem allgemeinen Rindenparenchym nahestehende Zellform, hinzukommen. Ein Bündel dieser Zellenarten wird Gefäſsbündel genannt, und unterscheidet man bei den Dicotyledonen den innerhalb des Verdickungsringes liegenden Theil als Holztheil, den auſserhalb desselben befindlichen Theil aber als Basttheil des Bündels. Der erstere besteht bei den Laubhölzern aus den Gefäſsen, den Holzzellen und dem Holzparenchym, der letztere aber aus den Siebröhren, den Bastzellen und dem Bastparenchym. Die Zellen, welche zwei benachbarte Gruppen der Gefäſsbündel von einander scheiden, nennt man bei den Dicotyledonen, weil sie strahlenartig vom Mark bis zum äuſseren Theil der Rinde verlaufen, Markstrahlen; durch sie steht das Nahrungsgewebe des Markes mit dem Nahrungsgewebe der Rinde in Verbindung, sie führen Stärkmehl oder andere Kohlenhydrate, welche im Gefäſsbündel, mit Ausnahme des Holz- und Bastparenchyms, fehlen.

Die Gefäſse der Pflanze bestehen also aus einer Längsreihe von Zellen, deren jede, so lange das Gefäſs Säfte führt, mit einem Zellkern versehen ist, und als ächte Zelle wirkt. Später aber schwindet mit dem Safte auch die sehr zarte Querwand, so daſs aus der Zellenreihe eine mit Luft erfüllte Röhre wird, welche sich jedoch in so viele Stücke zerlegen läſst, als Zellen zu ihrer Bildung zusammentraten (s. Fig. 20). Je nachdem die Wand der Gefäſszellen ringförmig, spiralförmig oder netzförmig verdickt

ist, kann man Ring-, Spiral- und netzförmig verdickte Gefäſse unterscheiden. In einer und derselben Pflanze findet man in der Regel alle Uebergänge dieser Formen. Das Gefäſs mit getüpfelter Wandung ist das am höchsten entwickelte, es bildet sich erst, wenn der Theil, in dem es entsteht, sich nicht mehr verlängert und ist deshalb dem Holz der meisten Bäume eigen. Wenn der Tüpfelraum lang gestreckt ist und einen ebenfalls langgestreckten, fast wagerechten Porus hat (p. 18), so wird das Gefäſs als Treppengefäſs unterschieden (bei den Farrn und im Holz des Weinstockes) (Fig. 21). Das Spiralgefäſs und seine Modificationen entstehen überall zuerst; sie sind die ersten Bildungen im Gefäſsbündel und fehlen deshalb an der Grenze des Markes, der sogenannten Markscheide, keiner dicotyledonen Pflanze, selbst wenn sie im Holze derselben nicht mehr auftreten sollten. Das Holz der Linde, des Faulbaumes, der Hainbuche und einiger anderer Bäume besitzt getüpfelte Gefäſse mit einem Spiralbande. Die Holzzelle vom Taxus ist getüpfelt und gleichzeitig mit einem Spiralbande versehen.

Fig. 21.



Die Holzzelle ist von Anfang an langgestreckt; sie entsteht durch Längstheilung einer Cambiumzelle und verlängert sich nur wenig, an beiden Enden in eine Spitze auslaufend; ihre Wand verdickt sich und verholzt und ihre Verdickungsschichten zeigen nicht selten eine spiralförmige Anordnung. Die Holzzellen, deren Wand bei den meisten Pflanzen getüpfelt ist, sind gleich den Gefäſsen nur in ihrer Jugend mit Zellsaft erfüllt, sie bilden niemals neue Zellen, und erzeugen noch viel seltener (für die Gefäſse gar nicht bekannt) Pflanzennahrungsstoffe, in welchem Falle statt der Tüpfel Porencanäle vorhanden sind. Das Holz unserer Nadelbäume besteht nur aus Holz- und Markstrahlzellen; hier fehlen die Gefäſse gänzlich. Das Holzparenchym bei den Laubhölzern muſs als eine Zellenbildung in ganz jungen Holzzellen betrachtet werden, es besteht aus kurzen, wenig verdickten Zellen, die reichlich Nahrungsstoff führen und deren Wand niemals Tüpfel besitzt. Die Gefäſszellen, Holzzellen und das Holzparenchym bilden mit den Markstrahlzellen innerhalb des Verdickungsringes den Holzring unserer Holzgewächse.

Die Bastzellen, ebenfalls dem Gefäſsbündel angehörig, und wie alle Theile desselben aus dem Cambium hervorgegangen, sind meistens langgestreckte und stark verdickte Zellen, die wohl mit feinen Porencanälen, aber niemals mit eigentlichen Tüpfeln versehen sind; ihre Verdickungsschichten zeigen in der Regel eine sehr zierliche Spiralstreifung und zwar wechselt die Richtung der verdünnten Stellen sehr häufig in

Fig. 21. Partie aus einem radialen Längsschnitt durch das Holz des Haselstrauchs (Croylus Avellana). *a* Holzzelle; *b* Gefäſszelle; *c* leiterförmig durchbrochene Querwand derselben; *d* Markstrahlzellen (100 mal vergröſsert).

den verschiedenen Schichten. Die Bastzellen führen, wenn sie nicht verholzen, für ihr ganzes Leben Zellsaft. Der Caoutschouc und die Alkaloide werden in ihnen erzeugt. Von den milchsaftführenden Bastzellen (bei Vinca) zu den Milchsaftgefäſsen, die bei den Euphorbiaceen und Ficus-Arten zwar vielfach verzweigt sind, aber, so weit jetzt bekannt, nur bei Carica und den Cichoraceen ein zusammenhängendes, durch zahlreiche Anastomosen verbundenes System bilden, ist dann nur ein Schritt weiter. Die Milchsaftgefäſse, welche nur verhältniſsmäſsig wenig Pflanzen eigen sind, gehören somit gleich den Bastzellen zum Gefäſsbündel und sind eigentlich nur eine bestimmte Art der letzteren; sie entstehen durch eine Vereinigung (Verschmelzung) vieler jugendlicher Zellen mit einander (p. 11). — Einige Bastzellen werden sehr lang und dadurch, sowie durch ihre Stärke und Biegsamkeit technisch von groſser Bedeutung (die Bastzellen des Leines, Hanfes und des neuseeländischen Flachses) (Fig. 22).

Fig. 22.

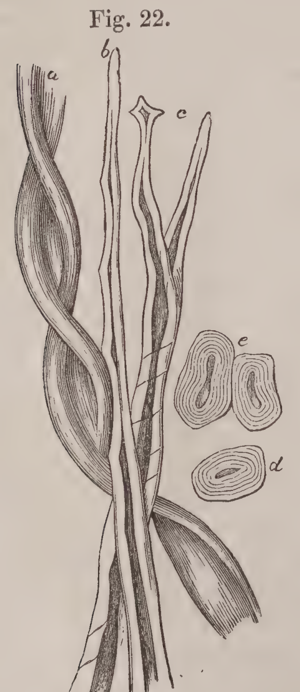
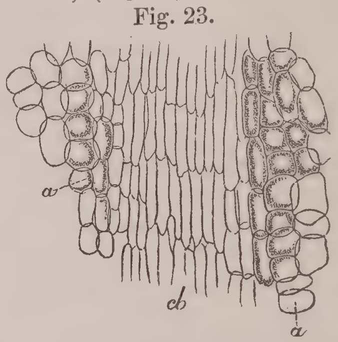


Fig. 23.



Die Siebröhren sind durch eine eigenthümliche Verdickungsweise ihrer Querwände charakterisirt, sie bilden keine Nahrungsstoffe, während das Bastparenchym selbige aufspeichert, sie bleiben zartwandig und unverholzt.

Die Cambiumzellen des Gefäſsbündels (Fig. 23) sind schwach verdickt und langgestreckt, sie sind zunächst für die Bildung neuer, zum Gefäſsbündel gehöriger Zellen bestimmt; die jüngsten Gefäſsbündel bestehen nur aus Cambiumzellen. Bei den Dicoty-

Fig. 22. *a* Theil eines Baumwollenfadens (Gossypium), durch seine platte, gewundene Gestalt erkennbar. Die Baumwolle ist keine Bastzelle, sie ist ein Haargebilde der Samenschale. *b* Theil einer Leinfaser (Linum); *c* Theil einer Hanffaser (Cannabis). Beide sind, unter Wasser gesehen, nicht gewunden, auf dem Querschnitt (*d* und *e*) erscheinen sie stark verdickt und nicht so plattgedrückt als die Baumwolle (200 mal vergröſsert).

Fig. 23. Partie aus dem Längsschnitt durch die Gefäſsbündel-Anlage im Keim der Dattel (Phoenix dactylifera). *a* Nahrungsgewebe; *cb* Cambiumzellen.

ledonen, wo der Verdickungsring fortwährend thätig bleibt, dienen die letzteren als Theil desselben beiden Zwecken. Das Gefäſsbündel wächst durch sie nach beiden Seiten in die Dicke; anfänglich (im Querschnitt) nur eine kleine runde Gruppe bildend, wird letztere immer gröſser, sie zerklüftet sich, es entstehen in ihr neue (secundäre) Markstrahlen, die aber nicht mehr wie die ursprünglichen Markstrahlen das Mark und die äuſseren Theile der Rinde erreichen, vielmehr im Innern des Gefäſsbündels aufhören (Fig. 24). Durch diese Art des Wachsthums der Gefäſsbündel entsteht der Holzring und die secundäre Rinde.

Bei den Monocotyledonen bildet sich das Gefäſsbündel, in gleicher Weise entstehend, später in anderer Art weiter; es wächst hier nicht durch den Verdickungsring in die Breite, zerklüftet sich auch nicht durch Bildung neuer Markstrahlen, dagegen verzweigt es sich, sowohl nach der einen als nach der anderen Richtung hin. Wenn sich der monocotyledone Stamm durch seinen Verdickungsring verdickt, so vermehrt sich gleichzeitig die Zahl seiner Gefäſsbündel. Der Querschnitt eines monocotyledonen Stammes zeigt deshalb niemals einen geschlossenen, von radienartigen Markstrahlen durchsetzten, Holzring, dagegen jederzeit zerstreute, meistens runde Gruppen der durch Verzweigung vermehrten Gefäſsbündel (Fig. 25). Die beliebten Schirmstöcke, aus Palmholz gedreht, zeigen diese zerstreuten Gefäſsbündel in besonderer

Fig. 24.

Fig. 25.

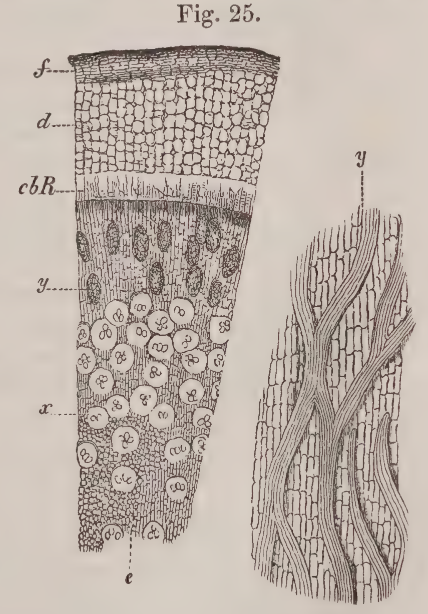
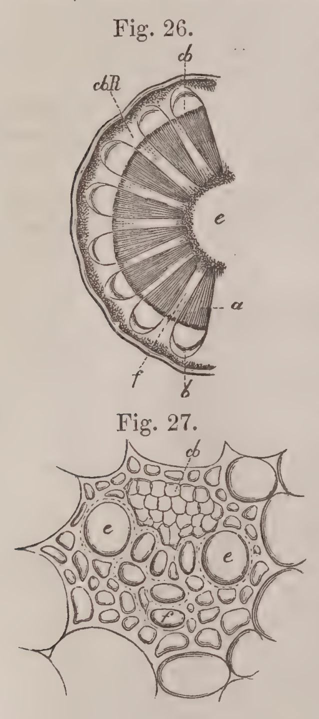


Fig. 24. Theil eines Querschnittes aus dem Rhizom (?) von Cyssus verrucosa (der Nährpflanze für Rafflesia Patma). *a* Ein primärer Markstrahl; *cbR* der Verdickungs- oder Cambiumring; *h* der Holztheil des Gefäſsbündels; *k* die Korkschicht der Rinde; *r* die secundäre Rinde, in welcher der Basttheil der Gefäſsbündel liegt. I secundärer Markstrahl erster Ordnung, II zweiter Ordnung, III dritter Ordnung. — So lange der äuſsere Theil der Rinde nicht durch Borkenbildung abgeworfen wird, bleiben die ursprünglichen Gefäſsbündel, z. B. bei der Linde, auch in der Rinde erkennbar (3 mal vergröſsert).

Fig. 25. Querschnitt und tangentialer Längsschnitt eines Zweiges vom Drachenbaum

Schönheit; die Härte der schwarzen, streifenartig das hellere Gewebe durchsetzenden Partieen wird durch die stark verdickten, dunkel gefärbten Holzzellen dieser Gefäſsbündel bedingt. Die Gefäſsbündel der kryptogamen Gewächse verhalten sich ähnlich wie bei den Monocotyledonen, denn auch sie wachsen nicht in die Breite, ihre Vermehrung durch Theilung ist aber, da in der Regel das Dickenwachsthum des Stammes und der Wurzel auf eine kurze Zeit beschränkt ist, ebenso begrenzt, so daſs bei ihnen nur in seltenen Fällen, nämlich bei einigen Baumfarrn, sogenannte zerstreute Gefäſsbündel, welche den Monocotyledonen eigen sind, vorkommen.



Die Gefäſsbündel aller Gewächse ohne Ausnahme bilden, wie ich mit groſser Bestimmtheit nachgewiesen, gewissermaſsen ein zusammenhängendes System innerhalb der Pflanze. Es kann sich unabhängig nirgends ein neues Gefäſsbündel ergeugen, wohl aber wächst und verzweigt sich das Gefäſsbündel überall da, wo es mit einem fortbildungsfähigen Gewebe zusammentrifft. Deshalb bilden sich, wo ein Blatt, wo eine Stamm- oder Wurzelknospe entsteht, gleichzeitig vom Gefäſsbündelsystem ausgehend, neue Gefäſsbündelzweige für diese jungen Theile bestimmt.

Das Cambium der Gefäſsbündel fällt bei den Dicotyledonen (Fig. 26) mit dem Verdickungsring zusammen und ist deshalb von letzterem schwer zu unterscheiden, bei der gemeinen Nessel kann man dagegen das Leben beider gesondert verfolgen*). Bei den Monocotyledonen liegen die Cambiumzellen in der Mitte des Gefäſsbündels, von Gefäſsen, Holz- oder Bastzellen umschlossen (Fig. 27); bei den Kryptogamen erscheinen dagegen die

(Dracaena). *f* Korkschicht; *d* Rinde; *cb R* Verdickungsring; *y* die Gefäſsbündel des äuſseren Theiles; *x* die Gefäſsbündel des inneren Stammtheiles, welche zu einer Zeit entstanden sind, als sich der letztere noch verlängerte; *e* Mitte (Mark) des Stammtheiles.

Fig. 26. Theil eines Querschnittes durch einen jungen Zweig von Cocculus laurifolius. *a* Holztheil des Gefäſsbündels; *b* Basttheil desselben; *cb* Cambium des Gefäſsbündels; *cbR* Verdickungsring; *e* Mark; *f* ursprünglicher (primärer) Markstrahl (25 mal vergröſsert).

Fig. 27. Querschnitt eines Gefäſsbündels aus dem Halm des Hafers (Avena). *cb* Cambium; *e* weite Gefäſszellen; *f* engere Spiralgefäſse (200 mal vergröſsert).

---

*) Ich verweise auf S. 296 meines Lehrbuchs d. Anatomie u. Physiologie. Bd. I.

Gefäfse in der Mitte des Bündels, von den Cambiumzellen umgeben, während wirkliche Holz- und Bastzellen hier überall fehlen. — Die Cambiumzellen sind unbedingt die wichtigsten Elemente des Gefäfsbündels, welche niemals fehlen; dagegen kennen wir sogar sehr hoch entwickelte Pflanzen (Najas, Caulinia, Ceratophyllum, Epipogum), deren Gefäfsbündel nur aus Cambiumzellen bestehen. Letztere sind immer mit Saft erfüllt, sie führen wahrscheinlich den von der Wurzel aufgenommenen stickstoffreichen Saft bis in die höchsten Spitzen der Zweige und Blätter.

Das Gefäfsbündelsystem der Pflanze ist zwar seiner Function nach, indem es die Saftverbindung in der Pflanze unterhält, mit dem Gefäfssystem der Thiere vergleichbar, allein in der Art, wie es die Säfte führt, von ihm durchaus verschieden. Während nämlich die Circulation des Blutes von einem Centralorgan, dem Herzen, ausgehend, innerhalb offener Röhren durch Contraction des ersteren und der Gefäfswände bewirkt wird und in den Gefäfsen der Thiere die Blut- und Lympfkügelchen, als Zellen, durch den ganzen Organismus geführt werden, können bei der Pflanze, der diese offenen Röhren fehlen, nur gelöste Stoffe durch die Wand der Zellen befördert werden. Bei den Thieren ist ein doppeltes Blutgefäfssystem vorhanden, ein arterielles, welches das Blut vom Herzen in den Körper treibt, und ein venöses, welches dasselbe zum Herzen zurückführt. Beide Systeme aber sind durch die sogenannten Capillaren (Haargefäfse), die zartesten, alle Gewebe durchziehenden, Gefäfszweige mit einander verbunden. Das thierische Gewebe nimmt darauf durch Diffusion dem Blute, was es braucht, es scheidet dagegen, gleichfalls durch Diffusion, andere Stoffe in dasselbe ab. Das arterielle Blut ist deshalb anders zusammengesetzt als das venöse, und zeigt schon durch seine Farbe diese Verschiedenheit; es ist reicher an Sauerstoff, aber ärmer an Kohlenstoff. Die Gefäfsbündel der Pflanze dagegen führen nicht zu einem Centralorgan, welches überhaupt mangelt, zurück, sie verlieren sich entweder im fortbildungsfähigen Gewebe jeder Stamm- und Wurzelknospe, oder sie verschwinden in den Zähnen der Blätter u. s. w. Alle saftführenden Theile derselben bestehen aufserdem, mit einziger Ausnahme des nur bei sehr wenig Pflanzen (Carica und den Cichoraceen) vorkommenden Systems der Milchsaftgefäfse, aus wahren, durch Scheidewände von einander getrennten Zellen. Wir können deshalb die Saftbewegung innerhalb der Pflanze nicht mit der Sicherheit verfolgen, wie dies im Thierreich der Fall ist, dürfen jedoch wohl annehmen, dafs die Gefäfs- und Holzzellen, so lange dieselben überhaupt Säfte führen, und wahrscheinlich auch das Cambium dem Saftstrome in aufsteigender Richtung dienen, wogegen die Siebröhren und Bastzellen für den abwärtssteigenden Strom thätig sind. Das Nahrungsgewebe aber, welches die Gefäfsbündel umgiebt und bei den Dicotyledonen die Markstrahlen bildet, desgleichen als Mark und primäre Rinde vorhanden ist, wirkt unter sich nach dem Bedürfnifs seiner Zellen sowohl nach verschiedenen Richtungen, als auch für bestimmte chemische

Verbindungen, es ist dem thierischen Gewebe vergleichbar, in welchem das Netz der Capillaren liegt. Bei der Pflanze erfolgt somit die Saftcirculation einzig und allein auf dem Wege der Diosmose, und zwar steigt der Hauptstrom in einem bestimmten Theile des Gefäfsbündels aufwärts, um in einem anderen Theile desselben wieder abwärts zu gehen; der aufsteigende Saft scheint stickstoffreich zu sein, der absteigende Saft dagegen mehr Kohlenstoffverbindungen zu enthalten.

Wenden wir uns jetzt zum Oberhautgewebe, das nach seiner Function verschieden auftritt. Dient es zur Aufnahme flüssiger Stoffe von aufsen, z. B. im Keimling, den ein Sameneiweifs umgiebt, oder in den jungen Theilen einer Wurzel, so sind seine Zellen zartwandig, sie saugen die Nahrungsstoffe in flüssiger Form, entweder aus dem sie umgebenden Zellgewebe oder aus dem Boden. Die Wurzelhaare sind verlängerte Zellen dieses Oberhautgewebes. Ist das letztere dagegen bestimmt, nach aufsen flüssige Stoffe abzuscheiden, z. B. auf der Narbe, im Staubwegcanal oder in der Fruchtknotenhöhle, so ist es ebenfalls zartwandig. Die Narbenhaare der Pflanzen gehören der Oberhaut. Dient die letztere endlich weder zur Aufnahme noch zur Abscheidung flüssiger Stoffe, so ist sie ganz anders gebaut. Ihre Zellen sind dann in der Regel nach der Aufsenseite verdickt. Die Verdickungsschichten aber, meistens von sehr feinen Porencanälen durchbrochen, sind in diesem Falle häufig in Korkstoff umgewandelt. Eine solche Oberhaut verhindert die Verdunstung, sie macht aber gleichzeitig auch die Aufnahme gas- und dunstförmiger Stoffe unmöglich. Wir finden ein derartiges Oberhautgewebe, eine Epidermis, auf Blättern und jungen Zweigen, aber niemals an der Wurzel. Eine solche Epidermis ist in der Regel mit Spaltöffnungen versehen, d. h. zwischen ihren Zellen liegen, meistens etwas vertieft, zwei zartwandige, niemals verholzende oder verkorkende, Zellen, so nebeneinander, dafs sie zwischen sich einen kleinen Raum, eine Spalte, frei lassen (Fig. 28). Unter diesen Spaltöffnungen aber findet sich eine mit Luft erfüllte Höhle, die man Athemhöhle (*b*) nennt. Durch den Raum zwischen den beiden Spaltöffnungszellen, vielleicht auch durch die Wand der letzteren selbst, wird die Aufnahme dunst- und gasförmiger Stoffe, desgleichen deren Abscheidung vermittelt. Die meisten in der Luft wachsenden Blätter haben

Fig. 28.

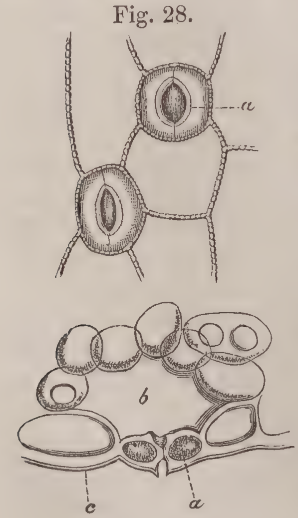


Fig. 28. Oberhaut der Unterseite des Blattes der Bocksorchis (Himantoglossum) von oben gesehen, desgleichen im Querschnitt durch das Blatt. *a* Die Spaltöffnung; *b* die Athemhöhle unter derselben; *c* Zelle der Oberhaut (200 mal vergröfsert).

nur an der Unterseite Spaltöffnungen, die auf dem Wasser schwimmenden Blätter, z. B. der weifsen Seerose (Nymphaea), tragen dieselben nur auf der Oberseite; untergetauchte Blätter, z. B. der Potamogeton-Arten u. s. w. besitzen gar keine Spaltöffnungen.

Die Haare (s. Fig. 7 und Fig. 29), Schuppen, Drüsen u. s. w. sind ebenfalls Gebilde der Oberhaut. Es sind Organe, entweder bestimmt, die Oberfläche der Pflanze zu vermehren, und demnach für atmosphärische Nahrung zu sorgen (die eigentlichen Haare und Schuppen), oder die Ausscheidung gewisser flüssiger Substanzen zu befördern (z. B. die Harzdrüsen der Birke [Fig. 30]; die Drüsen der Erle, welche eine klebrige, bitterschmeckende Flüssigkeit aussondern). Die Haare sind oftmals verzweigt; sie bestehen aus einer oder aus vielen Zellen, ihre Wand verdickt und verkorkt sich bisweilen. Die Wurzelhaare sind dagegen immer zartwandig und bestehen immer nur aus einer Zelle, sie verzweigen sich nur selten (Fig. 31) und sterben in der Regel frühzeitig mit der Oberhaut der Wurzelrinde ab.

Unter der Oberhaut, oder sogar in ihren Zellen, entsteht nun der Kork, und zwar stirbt die erstere ab, sobald sich der letztere ausgebildet

Fig. 29. Fig. 30.

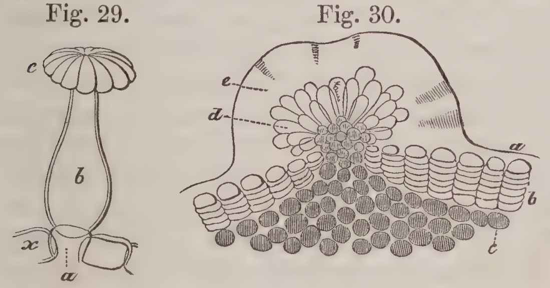
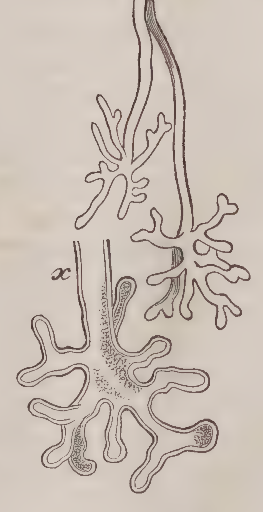


Fig. 31.



hat, weil er den Saftaustausch vollständig hindert. Es giebt zwei Arten des Korkgewebes, der gemeine Kork (Suber) und der Lederkork (Periderma). Beide bestehen aus tafelförmigen Zellen; beide bilden sich schichtenweise fort, indem eine ihrer Zellenreihen, entweder fortwährend, oder mit Unterbrechungen neue Zellen erzeugt. Der gemeine Kork (s. Fig. 19) hat eine sehr kurze Lebensdauer,

Fig. 29. Ein Haar des Blattes der Pinguicula vulgaris. *a* Die Basalzelle des Haares; *b* deren Stielzelle; *c* der schirmförmige, aus vielen Zellen bestehende Knopf; *x* Zelle der Oberhaut (100mal vergröfsert).

Fig. 30. Harzdrüse des jungen Birkenzweiges im Querschnitt. *a* Die Oberhautzellen; *b* eine unter denselben gelegene Korkschicht; *c* collenchymartiges Rindengewebe; *d* die Papillen der Drüse, welche das feste Harz (*e*) ausgeschieden haben (100mal vergröfsert).

Fig. 31. Wurzelhaare von Mastigobryum trilobatum 100mal, *x* dagegen 400mal vergröfsert.

und seine Zellen sind sehr schwach verdickt, er wuchert dagegen in der Regel stärker als der Lederkork. Auf der Rinde der Korkeiche, der Korkrüster, des Korkahorns findet man ihn sehr ausgebildet. Der Lederkork hat eine ungleich gröſsere Verbreitung und seine Zellen haben eine viel längere Lebensdauer, ihre Wandung verdickt sich. Der Lederkork ist dehnbar, er bekommt nicht leicht Risse wie der eigentliche Kork. Wir finden ihn bei allen Bäumen mit glatter Rinde, besonders schön bei der Birke und bei dem Kirschbaum, wo er pergamentartig abblättert; ferner bei der Buche und Tanne, wo er nicht abblättert.

Beide Korkarten enthalten im ausgebildeten Zustande in der Wandung ihrer Zellen Korksubstanz, ihr flüssiger Inhalt verschwindet, sie bilden, wie es scheint, keine Nahrungsstoffe für die Pflanzen, sind vielmehr bestimmt, die Oberfläche derselben vor Verdunstung zu schützen. Der gemeine Bouteillenkork ist bekanntlich das beste Verschluſsmittel für Flüssigkeiten. — Die eigentliche Oberhaut der Pflanze wird niemals reproducirt, wo sie verletzt wird, tritt statt ihrer eine Korkbildung ein. Ueber alle Wundflächen der Pflanze verbreitet sich der Kork und unter seinem Schutz vernarbt die Wunde; sogar Erkrankungen innerer Theile können durch Korkbildung um die erkrankte Stelle ausgeheilt werden, wie dies bei der trockenen Fäule der Kartoffelknolle stattfindet.

Nach der Art und Weise, wie sich der Kork innerhalb der Rinde fortbildet, richtet sich auch die Beschaffenheit derselben; wenn er gruppenartig die Rinde durchsetzt, so bilden sich Borkenschuppen, wie bei der Kiefer und der Platane; wenn seine Bildung sich dagegen nur auf die Oberfläche der Rinde beschränkt, so entsteht keine Borke, bei der Buche und der Tanne. Die Wurzel aller von mir untersuchten Pflanzen verliert durch Korkbildung sehr bald ihre äuſsere Rindenschicht. Alles, was auſserhalb einer Korkschicht liegt, muſs absterben, weil durch letztere die Diffusion aufgehoben wird. Die Blätter des Drachenbaumes und der meisten Bäume werden durch Korkbildung an der Basis des Blattstieles abgeworfen.

Jede Zellenart und demnach jedes bestimmte Gewebe hat in der Pflanze seine ebenso bestimmte Function. — Nun haben wir in der höheren Pflanze einen sehr complicirten Organismus erkannt, dessen Bau sich nach den Verhältnissen, unter denen dieselbe lebt, richtet. Das im Wasser lebende Gewächs ist anders gebaut, als die auf das Land angewiesene Pflanze. In der Hauptsache sind sich aber dennoch alle höheren Gewächse gleich; alle besitzen ein Gefäſsbündelsystem, welches dem auf- und abwärtssteigenden Saftstrome dient; ferner ein Nahrungsgewebe, das die Kohlenstoffverbindungen für die Zwecke der Pflanze verarbeitet, und endlich ein Oberhautgewebe, das zunächst die Aufnahme der Nahrung aus dem Boden und der Luft besorgt, und zugleich dunst- und gasförmige, vielleicht auch flüssige Stoffe wieder an dieselben abgiebt.

Nur durch den ungleichen Werth der Zellen läſst sich das Leben der Pflanzen erklären. Die eine Zellenart verbraucht diesen Stoff, die

andere jenen und die eine Zellenart verwerthet denselben Stoff anders als die andere. Durch Diffusion entzieht die eine Zelle der anderen bestimmte lösliche Stoffe und es entsteht ein fortwährender Saftaustausch in bestimmter Weise durch die ganze Pflanze.

Directe Versuche mit pflanzlicher Membran, mit der Zellwand einer einzelligen Alge, der Caulerpa prolifera, zeigten mir, dafs, wenn eine Glasröhre, die Zuckerwasser enthält, mit dem Blatte dieser Alge versperrt, in Wasser getaucht wird, das letztere zum Zuckerwasser hinübertritt, dafs dagegen, wenn Weingeist dieselbe Röhre erfüllt, der letztere durch die Membran der Caulerpa zum Wasser hinübergeht. Es ist demnach sehr wohl erklärlich, dafs dieselbe Zelle nach der chemischen Beschaffenheit ihrer Membran und ihres Inhaltes den einen chemischen Stoff in gröfserer Menge, den anderen aber gar nicht oder nur in geringer Menge aufzunehmen vermag. Dieselbe Zelle kann ferner den einen chemischen Stoff aufwärts, den andern abwärts führen. So erklärt sich uns, warum oft auf bestimmte Zellenreihen das Vorkommen gewisser Stoffe beschränkt ist, z. B. die Gegenwart der Krystalle in der Nähe der Bastbündel aller Baumrinden (bei den Laub- und den Nadelhölzern). Es erklärt sich ferner, warum die Pflanze durch ihre Wurzelhaare den einen ihr im Boden löslich dargebotenen Stoff in gröfserer Menge als andere löslich vorhandene Substanzen aufnimmt; auch hat Schultz-Fleeth durch directe Versuche bewiesen, dafs die Aufnahme chemischer Stoffe durch die Pflanze immer dem Verbrauch desselben proportional ist, so dafs zwei Stoffe, die in gleicher Menge in einer Lösung vorhanden sind, selten in gleichem Verhältnifs aufgenommen werden.

Die Pilze und Flechten, ohne eigentliche Wurzel, ohne wahren Stamm und ohne Blätter, aus einer einzigen, ihnen eigenthümlichen Zellenart, aus vielfach verzweigten, durcheinander geschlungenen Zellenfäden bestehend, zeigen trotz der anatomischen Uebereinstimmung ihres Gewebes, dennoch ungleichwerthige Zellen. Die Endglieder ihrer Zellenfäden entwickeln sich nach bestimmten Regeln zu Fortpflanzungszellen, die entweder Schläuche mit einer bestimmten oder unbestimmten Anzahl Samen bilden, welche später entlassen werden, z. B. bei den Peziza-Arten, bei der Morchel und bei den Flechten (Fig. 10. S. 16), oder innerhalb einer Ausstülpung ihrer Membran je einen Samen entwickeln, der anfänglich gestielt, z. B. bei den Hutpilzen (Fig. 32), sich später vom Fruchtschlauch abschnürt. Unter dem Frucht-

Fig. 32.

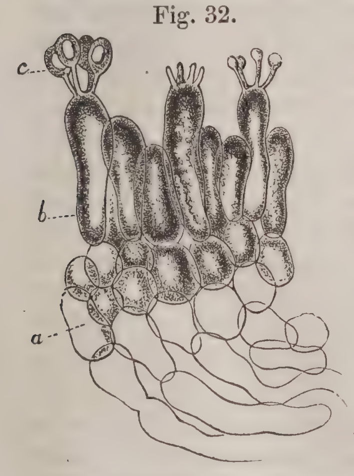


Fig. 32. Parthie eines Längsschnittes durch die Fruchtlamelle des Fliegenschwammes (Amanita). *a* Uebergang des fadenförmigen Pilzgewebes in runde Zellen; *b* Sporenschlauch (Basidie); *c* Sporen, kurz vor der Abschnürung vom Sporenschlauch (400mal vergröfsert).

lager der Pilze und Flechten ist ferner das Gewebe dichter und reicher an stickstoffhaltiger Substanz und ward deshalb bisher für eine besondere Zellenart gehalten. Bei den Pilzen und Flechten ist wahrscheinlich jede Zelle fähig, der Luft und dem Boden Nahrungsstoffe zu entnehmen, aber nicht jede Zelle kann zum Fruchtschlauch werden. Bei sehr vielen Flechten findet aufserdem sich Blattgrün in bestimmten runden Zellen, welche durch Abschnürung aus dem Fadengewebe entstehen und deren Wand durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt wird, obschon das Fadengewebe derselben Flechten aus einem Zellstoff besteht, der diese Färbung nicht annimmt, während wiederum der Zellstoff im Fruchtlager dieser Pflanzen direct in Stärkekleister übergeht, und schon durch Jodlösung für sich blau gefärbt erscheint. Wir haben hier also schon Zellen von verschiedenem Werthe.

Bei den Algen, welche nur im Wasser leben, kennen wir ebenfalls nur eine Zellenart. Die niedrigsten Pflanzen dieser Gruppe bestehen, gleich dem Gährungspilz, entweder wirklich nur aus einer Zelle (die Protococcus-Arten, häufig als grüner oder brauner Anflug in Wasserkaraffen) oder aus Zellenfäden und Zellenflächen, wo jede Zelle einen durchaus gleichen Werth besitzt (bei den Wasserfäden, Conferva, Spirogyra, Ulothrix, Ulva u. s. w.). Hier kann nach Umständen eine jede Zelle entweder als Ernährungs- oder als Fortpflanzungsorgan auftreten; jede Zelle scheint hier nur für sich zu sorgen, jede unabhängig von der anderen ihr eigenes nicht beschränktes Leben zu führen. Bei Ulothrix, einer Fadenalge, in Gebirgsbächen zu Hause, fand ich die Querwand solcher Zellen aus Holz- oder Korkstoff bestehend, während die Seitenwand aus reinem Zellstoff bestand, und scheint hier demnach wirklich kein Saftaustausch von einer Zelle zur anderen stattzufinden. Bei den höheren Algen, z. B. den Tang-Arten, die oftmals als riesenartige, vielgestaltige Büsche dem Meeresgrunde entwachsen und deren Asche früher einzig und allein die Soda lieferte, ist dagegen eine Wechselwirkung vieler Zellen mit einander unverkennbar, und tritt damit der ungleiche Werth der Zellen schon deutlich in ihrer Gestalt und Anordnung hervor.

Das Leben aller aus mehreren oder vielen Zellen zusammengesetzter Pflanzen beruht somit auf dem gesetzmäfsigen Zusammenwirken ihrer ungleichwerthigen Zellen; der Tod einer oder mehrerer Zellen aber kann unter Umständen den Tod der ganzen Pflanze zur Folge haben.

Der Fortpflanzung der höheren Gewächse dienen wieder ganz bestimmte Zellen. Bei den Phanerogamen ist es der Blüthenstaub (der Pollen), welcher durch seinen Inhalt eine im Innern der Samenknospe gelegene noch unfertige Zelle, das Keimkörperchen oder Keimbläschen, befruchtet und damit befähigt zur ersten fortbildungsfähigen Zelle des neuen Organismus zu werden. Bei den Kryptogamen sind es die Sporen, dem Blüthenstaub äufserlich, sowie ihrer Entstehungsweise ähnlich, die, wenn sie auf geschlechtliche Weise entstanden sind, unmittelbar eine neue Pflanze erzeugen (die Algen, Moose und Lebermoose), dagegen unge-

schlechtlich entstanden, erst ein vorübergehendes, aus Zellen bestehendes Gebilde, den Vorkeim, entwickeln, auf dem die Geschlechtsorgane entstehen, so dafs aus dem weiblichen Organ nach geschehener Befruchtung die junge Pflanze hervorwächst (bei den Farrnkräutern, Schachtelhalmen, Lycopodiaceen und Rhizocarpeen).

Die Befruchtung der Kryptogamen aber erfolgt durch bewegliche Samenkörper, die sich im männlichen Organ, in der Antheridie, bilden und bei den Algen als kleine, länglich runde, mit 2—4 Wimpern besetzte Zellen auftreten (Fig. 33), bei den übrigen Kryptogamen aber aus einem schraubenförmig gewundenen Bande bestehen, das mit 2 langen, peitschenschnurförmigen Wimpern endigt (die Schwärmfäden der Charen, Laub- und Lebermoose) (Fig. 34), oder selbst mit zahlreichen Wimpern besetzt ist (bei den Farrn und Schachtelhalmen) (Fig. 35). Die Samenkörper aber dringen in das weibliche Organ, welches bei den Algen, wo wir durch Pringsheim den Vorgang der Befruchtung am genauesten kennen, am einfachsten

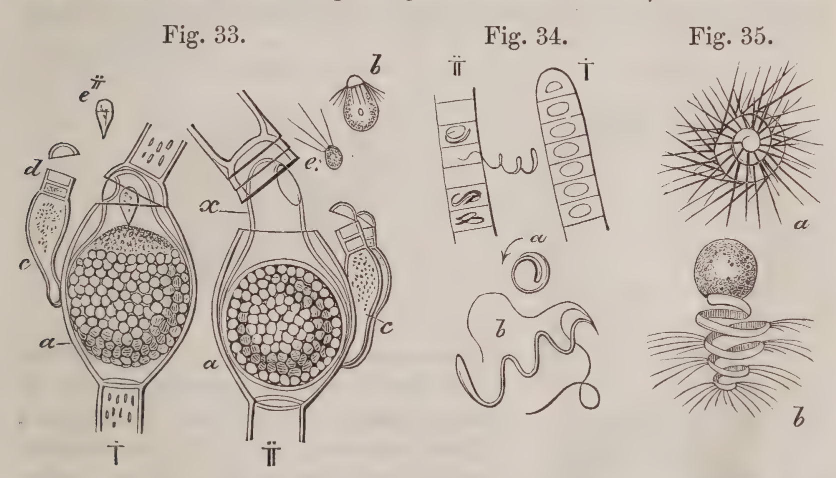


Fig. 33. Oedogonium ciliatum, nach Pringsheim copirt. I Augenblick der Befruchtung. *a* Das weibliche Organ (Oogonium), das sich an seiner Spitze mit einem Deckel geöffnet hat und in welchem sich kurz vor der Befruchtung um die membranlose Befruchtungskugel der Befruchtungsschlauch (II. *x*) mit seiner Oeffnung gebildet hat, während am Oogonium selbst ein männliches Pflänzchen (*c*) haftet, das aus der Schwärmspore (*b*) entstanden ist. Das zweizellige Antheridium (*d*) dieses Pflänzchens hat seinen Deckel abgeworfen und der obere Befruchtungskörper ist durch die runde Oeffnung des Befruchtungsschlauches an die Befruchtungskugel gelangt, in welche er bald darauf eindringt und verschwindet. II Ein kürzlich befruchtetes Oogonium, an dem zwei männliche Pflanzen sitzen; *e* u. *e* II Befruchtungskörper (Samenkörper) (350 mal vergröfsert).

Fig. 34. Chara fragilis. I Das Ende eines Antheridiumfadens vor der Bildung der Schwärmfäden. Partie eines anderen mit ausgebildeten Spermatozoiden. *a* Ein sich drehender Schwärmfaden. *b* Ein solcher durch Jod getödtet (500 mal vergröfsert).

Fig. 35. Schwärmfäden von Pteris serrulata. *a* Von oben gesehen, ruhend. *b* Von der Seite gesehen, gleichfalls ruhend (500 mal vergröfsert).

gebaut ist, und werden von einer unfertigen Zelle, der Befruchtungskugel, aufgenommen, welche darauf, wie bei den Phanerogamen, entweder zur ersten fortbildungsfähigen Zelle einer neuen Pflanze wird (bei den meisten Algen, den Farrnkräutern, den Schachtelhalmen, Lycopodiaceen und Rhizocarpeen), oder die erste Zelle zur Bildung einer Frucht mit vielen Sporen (Samen) bildet (bei den Laub- und Lebermoosen). — Bei den Pilzen und Flechten ist eine geschlechtliche Zeugung noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen.

Der Blüthenstaub der meisten Pflanzen besteht aus einer runden oder mehrkantigen Zelle, welche von einer mehr oder weniger entwickelten, oft höchst zierlich gebauten Aufsenhaut, bekleidet ist, die mit Stacheln, Leisten u. s. w. in regelmäfsiger Anordnung besetzt sein kann und in der Regel nicht alle Stellen des Pollenkornes gleichmäfsig überzieht, vielmehr verschiedene Orte ganz oder theilweise freiläfst, so dafs die innerste, immer aus Zellstoff bestehende Zellwand des Blüthenstaubes an einer solchen Stelle schlauchförmig, als Pollenschlauch, hervortreten kann (Fig. 36 u. 37).

Fig. 36.

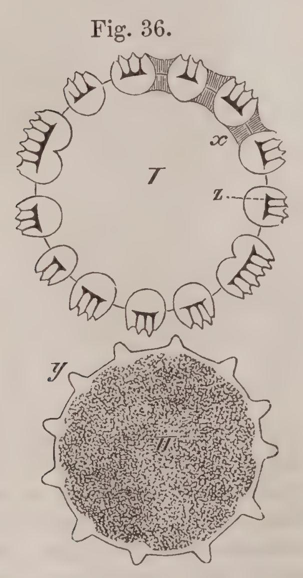
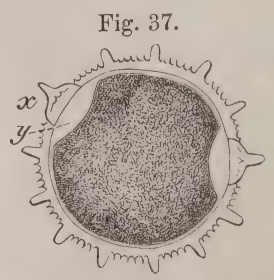


Fig. 37.



Wenn nun der Blüthenstaub durch den Wind oder durch Insecten verschleppt, auf die Narbe gelangt, so tritt der Pollenschlauch hervor und wird, durch die secernirenden Zellen des Staubwegcanals ernährt, in den Fruchtknoten und zur Samenknospe geleitet, woselbst er die Befruchtung vollzieht (s. den Abschnitt VIII). Die Zelle des Blüthenstaubes ist immer mit einem Zellkern versehen, sie enthält in der Regel Stärkmehl, Inulin, Zucker,

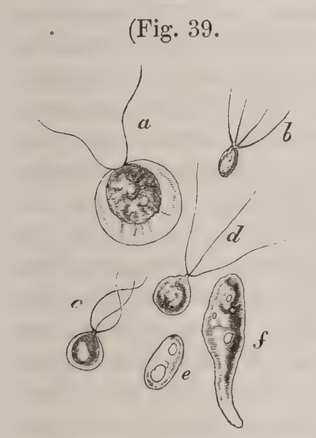
Fig. 36. Querschnitt durch ein Pollenkorn von Mirabilis Jalapa. I Die Aufsenhaut; x die Porencanäle für den Austritt des Pollenschlauches; z die Hohlräume mit ihren Ausführungsgängen in der äufseren Schicht der Aufsenhaut. II Der Inhalt des Pollenkornes mit seiner Hautschicht des Protoplasma als Begrenzung; y eine der kegelförmigen Erhebungen, welche unter jedem Porencanal liegt (350 mal vergröfsert).

Fig. 37. Durchschnitt eines Pollenkorns von Cucurbita Pepo. x Ein Deckel in der Aufsenhaut über der verdickten Stelle der Innenhaut y, welche später als Pollenschlauch hervortritt (300 mal vergröfsert).

fette Oele u. s. w., dagegen hat man in ihr bisjetzt keine bewegliche Samenkörper gefunden. Der Blüthenstaub entsteht durch directe Theilung des Inhaltes der Mutterzelle, indem sich vier Pollenkörner innerhalb der letzteren bilden, weshalb auch der Blüthenstaub vieler Orchideen, desgleichen einiger Haidekräuter (Ericeen) noch aus vier mit einander verklebten Körnern besteht, deren jedes seinen eigenen Pollenschlauch aussendet.

Fig. 38.

(Fig. 39.



Die Sporen (Samen) (Fig. 38) der niederen Kryptogamen (der Pilze und Flechten) entstehen dagegen durch freie Zellbildung; sie bestehen aus einer Zelle, die von einer mehr oder minder entwickelten Aufsenhaut umkleidet wird (namentlich bei der Trüffel). Die Flechten besitzen zusammengesetzte, d. h. mehrzellige Sporen. Bei den höheren Kryptogamen entstehen die Samen wie der Blüthenstaub zu vier in einer Mutterzelle und gleichen auch im äufseren Ansehen mehr oder weniger demselben.

Diese Sporen nun sind, wie schon erwähnt (S. 34, 35), entweder ungeschlechtlich oder geschlechtlich entstanden, sie erzeugen ferner entweder direct oder indirect eine neue Pflanze, doch ist hier nicht der Ort, diese interessanten Verhältnisse näher zu besprechen*), nur die beweglichen Sporen der Algen, die Schwärmsporen (Fig. 39), welche ungeschlechtlich entstanden, direct zur neuen Pflanze werden, dürfen hier nicht unerwähnt bleiben, da durch sie die Grenze zwischen Thier- und Pflanzenreich für mehrere Fälle etwas unsicher geworden ist (S. 12).

Die Schwärmsporen entstehen einzeln oder in gröfserer Anzahl im Innern einer Mutterzelle, die zur Zeit der Reife platzt und

Fig. 38. Sporen verschiedener Kryptogamen. *a* Sporen des Fliegenschwammes (Amanita). *b* Der Gährungspilz des obergährigen Bieres. *c* Eine Spore der Trüffel (Tuber cibarium). *d* Die Sporen einer Flechte, aus zwei Zellen bestehend (Borrera). *f* und *g* Sporen des Schachtelhalmes (Equisetum arvense). *f* Die beiden Verdickungsbänder der Mutterzelle sind noch nicht entfaltet; *g* dieselben Bänder als vier keulenförmig angeschwollene, sehr hygroscopische, Fäden entfaltet.

Fig. 39. Schwärmsporen einiger Algen. *a* Schwärmende Sporen von Chlamidococcus pluvialis. *b* Schwärmsporen von Stigeoclonium (nach getrockneten Präparaten). *c*—*f* Schwärmende sowie keimende Sporen von Ulothrix (400 mal vergröfsert).

*) Man sehe mein Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. Bd. II. S. 218.

selbige entläfst, welche darauf, den Infusorien ähnlich, im Wasser umherschwärmen. In der Regel enthalten sie einen durch Blattgrün gefärbten körnigen Inhalt, sind auch nicht selten mit einem rothen Punkt, dem Ueberrest ihres Zellkernes, versehen. Sie schwärmen längere oder kürzere Zeit; bei einigen Arten tagelang, bei anderen nur wenige Minuten im Wasser umher, werden darauf allmälig ruhiger und liegen endlich stille; in ihnen beginnt alsdann eine Zellbildung, sie keimen und werden wieder zu einer Alge, der Art angehörig, welche die Schwärmspore erzeugte. Letztere ist zu keiner Zeit ein Thier, wie es Unger, der bei Vaucheria den Uebergang der Schwärmspore zur jungen Pflanze zuerst vollständig beobachtete, anfänglich angenommen, sie ist ein beweglicher Pflanzenkeim, der, sobald er keimt, seine Beweglichkeit verliert. — Als Bewegungsorgan dienen den Schwärmsporen schwingende Wimpern, deren Zahl und Stellung in der Regel sehr constant ist. Nach den Wimpern darf man zwischen Schwärmsporen, deren Oberfläche ganz mit letzteren bekleidet ist (Vaucheria) und solchen, welche nur an einer bestimmten Stelle Wimpern tragen, unterscheiden. (Das letztere Vorkommen ist das häufigere.) Die gleichfalls beweglichen, mit Wimpern versehenen Befruchtungskörper der Algen (S. 35) wurden früher für eine kleinere Art der Schwärmsporen (Microgonidien) gehalten. — Die Schwärmsporen keimen in der Regel nach einigen Stunden, durch sie vermehrt sich die Pflanze zur günstigen Jahreszeit, die unbeweglichen, auf geschlechtlichem Wege entstandenen und mit einer festen Membran umkleideten Sporen dagegen erhalten das Gewächs während der Dauer ungünstiger Verhältnisse, sie keimen erst, wenn die Bedingungen günstiger werden; durch sie überwintert die Pflanze. — So sorgt die Natur für alle ihre Kinder und vergifst sogar der kleinsten Alge nicht.

Wir haben nunmehr alle Zellenarten, die sich im Pflanzenreiche wissenschaftlich unterscheiden lassen, kennen gelernt und verdanken ihre Kenntnifs dem Mikroskop, das uns die Geheimnisse der Natur erschliefst, indem es unserem Auge die kleinsten Verhältnisse in einem grofsen Mafsstabe und mit einer entschiedenen Deutlichkeit vorführt. — Kein Zweig der Naturwissenschaft, die Astronomie ausgenommen, kann des Mikroskopes entbehren*): die Fortschritte der Naturwissenschaft sind aber an die Verbesserungen dieses Instrumentes geknüpft. — Die feinere Anatomie, sowie die Physiologie der Thiere und Pflanzen, wurden erst durch die grofsen Fortschritte der Optik zu selbstständigen Zweigen einer wahren Wissenschaft erhoben. Die Namen Schiek, Plösl, Amici, Nobert, Oberhäuser, Nachez, Kellner, Bènéche und Schröder, desgleichen der Verfertiger der berühmten englischen Instrumente, Ross, Smith u. s. w., durch die Mikroskope ihrer Werkstätten bekannt, werden noch in späten Zeiten glänzen. Durch wichtige optische Verbesserungen und durch eine

*) Schacht, Das Mikroskop und seine Anwendung. Zweite Aufl. Berlin, bei G. W. F. Müller. 1855.

gänzliche Reformirung des Beleuchtungs-Apparates, sowie des Statives, hat namentlich Georges Oberhäuser in Paris das Mikroskop zu seiner jetzigen Höhe gebracht.

Fig. 40.

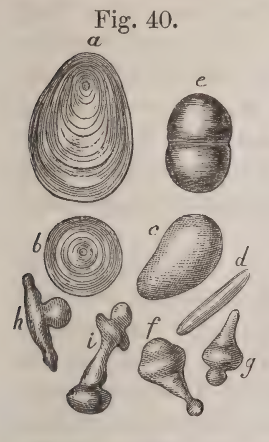
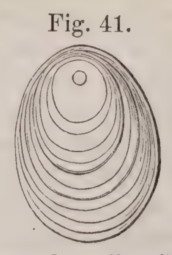


Fig. 41.



Unter den im Nahrungsgewebe vorkommenden festen Erzeugnissen der Pflanzenzelle verdient insbesondere das Stärkmehl (Fig. 40), welches im Korn des Getreides, in der Kartoffel u. s. w. ein Hauptnahrungsmittel des Menschen und der Thiere liefert, unsere Aufmerksamkeit. Das Stärkmehlkorn scheint in allen Fällen aus Schichten zu bestehen, welche blasenartig um ein oftmals sehr kleines, festes Centrum, den Kern, angeordnet sind. Dieser Kern liegt bei den jüngeren Stärkmehlkörnern der Kartoffel in der Mitte, bei den gröfseren, älteren Körnern dagegen seitlich, weil die später entstandenen Schichten nach der einen Seite breiter, als nach der anderen werden (Fig. 41). Die Gestalten der Stärkmehlkörner sind überhaupt nach der Weise, in welcher sie sich fortbilden, sehr verschieden. Am eigenthümlichsten erscheinen dieselben in den Milchsaft führenden Bastzellen vieler Wolfsmilcharten (Euphorbia). Bei einigen Pflanzen finden sich mehrere Stärkmehlkörner zu einer Druse verklebt, seltener erscheinen mit einander verwachsene Körner, wo die äufseren Schichten mehrere Körner umhüllen. Das Stärkmehlkorn wird durch wässerige Jodlösung blau gefärbt, es quillt in kochendem Wasser blasenartig auf, ohne sich vollständig zu lösen, indem es den sogenannten Kleister bildet. Durch längeres Erwärmen mit Speichel läfst sich der Stärkestoff ausziehen, so dafs ein Zellstoffscelet des ehemaligen Stärkmehlkornes zurückbleibt. — Das Inulin ist dem Stärkmehl verwandt, es wird durch Jod nicht blau gefärbt. Das Klebermehl dagegen ist sticksoffhaltig.

Das Blattgrün oder Chlorophyll tritt in verschiedener Gestalt, in der Regel jedoch in Kugelform auf; es bildet in solchem Falle meistens nur den Ueberzug der grün gefärbten Kugeln, welcher sich durch Weingeist entfernen läfst. Das Blattgrün erzeugt sich zunächst unter dem Einflufs des Lichtes; die Kartoffelknolle, längere Zeit ans Licht gelegt, wird grün; der Spargel, welcher farblos die Erddecke durchbricht, nimmt alsbald eine grüne Farbe an. Nur selten, z. B. im Keime einiger Pflanzen, findet man Blattgrün ohne directen Lichtzutritt. Krystalle der verschiedensten

Fig. 40. Stärkmehlkörner aus verschiedenen Pflanzen. *a* Stärkmehlkorn der Kartoffel. *b* Westindisches Arrow root. *c* u. *d* Stärkmehlkorn aus Curcuma zedoaria, platte Scheiben bildend; *d* von der Seite gesehen. *e* Aus der Sarsaparillwurzel. *f* und *g* aus der Knolle von Himantoglossum. *h* und *i* Aus dem Milchsaft von Euphorbia antiquorum.

Fig. 41. Ein Stärkmehlkorn der Kartoffelknolle (500 mal vergröfsert).

Gestalt, oftmals sehr regelmäſsig ausgebildet, erscheinen gleichfalls innerhalb der Zellen, und zwar zunächst im Nahrungsgewebe. In der Rinde unserer Bäume finden wir dieselben in der Umgebung der Bastzellen; so bei der Eiche und bei der Erle. Diese Krystalle bestehen zum groſsen Theil aus pflanzensauren Kalk- und Talkverbindungen, seltener sind dieselben Basen an Kohlensäure oder Schwefelsäure gebunden. Die Krystalle kommen entweder einzeln oder in Bündeln vor, die man Raphidenbündel nennt, und bei den Monocotyledonen vorzugsweise auftreten. Die Bildung des Krystalls ist ein einfacher chemisch-physikalischer Proceſs, durch welchen diejenigen Salze, die der Zellsaft nur in einer bestimmten Menge gelöst zu halten vermag, sich in fester Form ausscheiden.

In der Naturwissenschaft, die nur Bewiesenes annimmt, giebt es nur ein Wissen oder ein Nichtwissen. — Ich habe in diesem Abschnitt alles, was sich beweisen läſst, als positiv hingestellt, nicht aber überall die Belege selbst genügend liefern können, und verweise deshalb für selbige auf mein Lehrbuch der Anatomie und Physiologie*). Andererseits habe ich unsere Unwissenheit nie bemäntelt, nie Wahrheiten, die uns noch fehlen, durch Hypothesen zu ersetzen versucht. Wir stehen am Anfang des Wissens; es ist noch viel zu thun übrig, allein der Weg, den wir jetzt einschlagen, der Weg der nüchternen Forschung, ist der allein richtige, auf dem man weiter kommen wird und muſs. Die Natur antwortet gern, wenn man zu fragen versteht, allein man darf ihre Antwort nicht verschmähen, falls sie nicht in das Hirngespinnst alter Vorurtheile oder Lehrsätze passen sollte. Man muſs sie vielmehr auf Schritt und Tritt belauschen und ihre Wahrheiten in einem dankbaren Herzen aufnehmen. Der Tempel Salomons ward nicht in einem Jahre gebauet, viel Steine waren zu seinem Erstehen nöthig; und so erbaut auch die Naturwissenschaft aus vielen getreuen Beobachtungen ihren Tempel, in dem die Wahrheit thront.

---

*) Schacht, Lehrbuch der Anatomie u. Physiologie der Gewächse. Berlin bei G. W. F. Müller. Theil I. 1856. Theil II. 1859. Desgleichen als kurzer Auszug dieses Werkes: Grundriſs der Anatomie u. Physiologie der Gewächse. 1859.

II.

Der Pflanzenkeim und das junge Pflänzchen.

Lockt uns des Frühlings Sonne in den Wald, so umgiebt uns neues Leben. Hoch in der Luft feiert mit fröhlichem Gesang die Lerche das Erwachen der Natur. Die Büsche grünen, des Baumes Knospe schwillt und tausend Pflanzenkeime entschlüpfen, unter Moos versteckt, dem feuchten Grund der Erde. Was des Winters Frost in Schlaf versenkte, erwacht durch die Wärme des Frühlings. Die Schlange verläſst ihren Schlupfwinkel, um sich in der Sonne zu wärmen; der erstarrte Frosch wird neu belebt und die Gewässer sind alsbald von seinem Laich (seinen Eiern) getrübt. Storch und Schwalbe kehren heim zum alten Nest. Das Wild, im Winter sich mit schmaler Kost begnügend, von Moos, von Flechten oder nur von Rinde lebend, ja bei starkem Schneefall oft dem Hungertode preisgegeben, weidet schaarenweise auf der waldumkränzten Wiese, sich des jungen Grases freuend. Die Bäche mächtig angeschwollen, durch des Gebirges Schnee gespeist, stürzen brausend über Felsen herab, und ihr weiſser Schaum blitzert im Strahl der so freundlich scheinenden Sonne. — Alles feiert das Erwachen des Lebens in der Natur, alles begrüſst den so willkommenen Frühling, der nach längerer Winterruhe sowohl das Thier- als namentlich das Pflanzenreich zur vollen Thätigkeit aller Functionen zurückruft und damit Millionen neuer Wesen aus den vorhandenen Keimen hervorgehen heiſst.

Die Knospe schlummert im Winter unter dem Schutze ihrer Deckschuppen, und der Keim im Samen schläft gleichfalls. Auch die Lebensthätigkeit des Baumes erlischt mit dem Eintritt des Winters; die Blätter der Laubbäume fallen ab und Stamm, Zweige und Wurzeln wachsen während dieser Zeit weder in die Länge noch im Umfang. Sobald jedoch der Frühling kommt, schwillt die Knospe und junge Zweige mit jungen Blättern brechen aus ihr hervor, weil im Stamm wie in der Wurzel neues Leben erwacht. Der Keim im Samen durchbricht gleichfalls seine Hülle, und bildet sich zum jungen Pflänzchen aus.

Was entfaltet die Knospe und entfesselt den Keim? — Die Thätigkeit des neu erwachten Lebens. Wer aber weckt diese, für den Winter schlummernde, Thätigkeit? — Die Wärme und die Feuchtigkeit des Frühlings.

Der Same des Mangrovebaumes, an den sumpfigen Küsten tropischer Meere zu Hause, keimt innerhalb der Frucht und erst das fufslange, cylindrische Pflänzchen löst sich vermöge seiner Schwere vom Baume und sinkt mit seinem spitzen Wurzelende in den Schlamm, um dort zum neuen Baume heranzuwachsen. Auch das Getreidekorn keimt im sehr nassen, warmen Herbst, zum Schaden des Landmannes, auf dem Acker, innerhalb der Aehre. Wärme und Feuchtigkeit sind in den beiden genannten Fällen die ersten Ursachen der Keimung; wie hier sind sie es überall. — Der Same einer einzelligen Pflanze (Chlamidococcus pluvialis A. Braun), jahrelang getrocknet, im Papier verwahrt, lebt, in Wasser gebracht, bei warmem Wetter innerhalb weniger Tage von neuem. Wärme und Feuchtigkeit erneuern auch hier die jahrelang gehemmte Thätigkeit der Zellen*). — Das Erwachen des Lebens in der für den Winter schlummernden Pflanzenwelt unserer Zone beruht demnach einzig und allein auf der Wärme und der Feuchtigkeit des Frühlings, der physiologische Procefs innerhalb der Zellen wird durch beide neu angefacht und unterhalten. Auf Madeira und den Canaren, wo im regenlosen Sommer ohne künstliche Bewässerung alles verdorren würde, gleichen der September und der October, welche die ersten Regen bringen, unserem Mai und Juni, dort hat der Herbst die Physiognomie unseres Frühlings, indem junges Grün und frische Blüthen überall hervorbrechen.

Aber warum keimen im Frühjahr nicht alle Samen zu gleicher Zeit; warum keimt die Tanne und die Buche früher als die Fichte, Kiefer und die Lerche? — Diese Fragen finden entweder in örtlichen Verhältnissen des Samens selbst, oder in seiner chemischen Zusammensetzung ihre Beantwortung; auch kommt die Beschaffenheit der Frucht- oder Samenschale, ob zart oder dick und holzig, hier nicht wenig in Betracht.

Die Ulmen, Pappeln und Weiden, deren Same schon im Sommer reift, keimen, an die Erde gelangt, schon in wenigen Tagen (der Weidensame nach Wichura sogar innerhalb zwölf Stunden). Die Samen der Araucaria brasiliensis und der Abakate (Persea gratissima) keimen auf Madeira sogar noch mit dem Zapfen oder der Frucht am Baume hängend. Auch der Mistelsame schickt bei uns innerhalb der noch am Zweige sitzenden Beere (im Mai) die Keimachse weit über das Sameneiweifs hervor, womit die Sage, nach welcher nur von Vögeln ausgeworfener Mistelsame keimen soll, gründlich widerlegt ist. Der Zapfen der Tanne läfst dagegen erst im Spätherbst seine Schuppen fallen und mit ihnen gelangen die Samen zur Erde. Die Buche öffnet gleichfalls erst im Herbste ihre Frucht. Des Winters Kälte verhindert die Keimung des Samens, allein im Frühjahr, noch ehe

*) Von den Räderthieren ist durch Ehrenberg u. A. dasselbe bekannt.

sich der Wald belaubt, bricht der Keim der Tanne und der Buche aus seiner Schale hervor, seine starke Wurzel dringt in den Boden und seine Keimblätter (Samenlappen) entfalten sich über der Erde. Die Zapfen der Kiefer, der Fichte und Lerche öffnen dagegen ihre holzigen Schuppen, die niemals von der Spindel des Zapfens fallen, erst durch die Sonnenwärme des Frühlings und der Same gelangt erst zur Erde, wenn junge Tannen und Buchen bereits ihrer Samenschale entschlüpft sind.

Samen, deren Keim oder deren Sameneiweiſs Kohlenhydrate enthält, scheinen überdies rascher zu keimen als solche, die viel fettes Oel besitzen. Sie bedürfen keiner Ruhezeit und keimen, sobald ihnen die nöthigen Bedingungen, als Wärme und Feuchtigkeit, gegeben werden, innerhalb kurzer Frist. Das Getreidekorn, dessen Sameneiweiſs von Stärkmehl strotzt, keimt bei warmem Wetter innerhalb 3—4 Tagen. Die Eichel, deren Samenlappen gleichfalls mit Stärkmehl reich erfüllt sind, keimt, trotz ihrer ziemlich festen Fruchtschale, bei warmer und feuchter Witterung, binnen 8—10 Tagen. Die Samen der Nadelhölzer, welche im Eiweiſs mehr fettes Oel als Stärkmehl enthalten, liegen schon 2—3 Wochen, ehe ihre Wurzel die Samenschale durchbricht, und die Samen des Weiſsdorns, der Rose, der Hainbuche, der Esche, des Cornus und des Ahorns sollen nach Wichura sogar über 2 Jahre im Boden verweilen. Einige Samen (des Kaffeestrauches und der Lorbeerbäume) keimen wieder nur in frischem Zustande und verlieren trocken ihre Keimkraft. Auch der Weiden- und Pappelsame soll nicht keimfähig bleiben, wogegen das Getreidekorn unter günstigen Umständen durch Jahrtausende keimfähig verbleibt*). Im Allgemeinen aber gehen frische Samen sicherer und schneller auf als alte Sämereien und scheinen namentlich diejenigen Samen mit hornartigem Sameneiweiſs, oder einem ähnlichen Gewebe der Samenlappen (die Palmen, Drachenbäume, Canneen, Coffea und die Laurus-Arten) schon durch das Austrocknen ihre Keimkraft zu verlieren, während andere mit ölhaltigem Gewebe wahrscheinlich durch Oxydation (Ranzigwerden) des fetten Oeles (Nadelhölzer, Bertolletia) und noch andere mit Stärkmehl, bei mangelhafter Aufbewahrung durch Schimmelbildung zum Keimen untauglich werden. Zahlreiche vergleichende Versuche würden hier zu interessanten Resultaten führen und uns den innigen Zusammenhang zwischen dem physiologischen Proceſs der Keimung und den chemischen Bestandtheilen des Samens nachweisen. Die Samenlappen der Buche und der Haselnuſs enthalten nur in der unmittelbaren Nähe der Axe des Keimes Stärkmehl, sie sind reich an körnigen Stoffen und an fetten Oelen; das Nahrungsgewebe in der Axe des Keimes, d. h. die Anlage zum Mark und zur Rinde, sind dagegen von Stärkmehl reichlich erfüllt. Es scheint demnach, als ob das fette Oel beim Keimen der Buche allmälig verändert und in ein Kohlenhydrat übergeführt werde. Wenn die Samen-

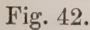
*) Nach Sternbergs Versuchen mit den Waizenkörnern der Mumiengräber Aegyptens.

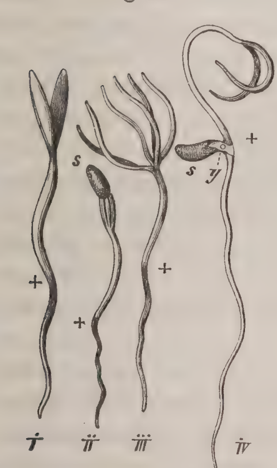
lappen dieser Pflanze sich entfalten und grün gefärbt die Verrichtung der Blätter versehen, sucht man nach fettem Oel vergebens und findet in ihren Zellen nur Stärkmehl und Blattgrün.

Die Menge der Wärme, welche ein Same zum Keimen bedarf, ist nach der Pflanzenart verschieden, was sicher in der chemischen Beschaffenheit der Zellwand und des Zellinhaltes begründet und wahrscheinlich von der Natur des Stickstoffschleimes als Erreger des Lebens zunächst abhängig ist (S. 14). — Die harte Samenschale der Steinfrüchte, z. B. der Kirsche, des Pfirsich u. s. w., behindert jedenfalls die schnelle Keimung solcher Samen, indem die Feuchtigkeit später zum Keim gelangt; das Aufquellen des Samens sprengt endlich die Hülle. Die Cocusnuſs und die Frucht der ihr verwandten Palmen, deren harte, dicke Schale für Feuchtigkeit fast undurchdringlich ist, ward schon von der Natur mit 3 Keimlöchern zum Austritt der keimenden Pflänzchen versehen. Unter jedem Keimloch liegt in der Regel ein cylindrischer Keim (bei Attalea) und treten deshalb nicht selten aus einer Nuſs drei junge Pflanzen hervor, während häufiger zwei der vorhandenen Keime verkümmern.

Im Keim (Embryo) des Samens ruht nun die Anlage zur neuen Pflanze, er selbst aber ist das Product eines geschlechtlichen Vorganges, der Zeugung (s. Abschnitt VIII). Wie das Huhn aus dem bebrüteten Ei hervorgeht, so entfaltet sich die Pflanze aus dem Keim ihres Samens, der die Anlage zu Allem, was sich nachher entwickelt, birgt. Wie sich das junge Huhn, ehe es die Schale durchbricht, vom Dotter und vom Eiweiſs ernährt, so entwickelt sich der Pflanzenkeim, indem er von einem an Nahrungsstoffen reichen Gewebe, das ihn umgiebt und deshalb Sameneiweiſs genannt wird, seine Nahrung empfängt. — Durchschneiden wir den reifen Samen irgend eines Nadelbaumes der Länge nach (Fig. 11. S. 17), so finden wir die cylindrische Axe des Keimes mit ihren Keimblättern inmitten eines weiſsen, ölhaltigen Gewebes liegend. Das letztere ist das Sameneiweiſs, ein Nahrungsgewebe, das im Keimsack entstanden, bei der Ausbildung des Keimes nicht vollständig verbraucht wurde. Betrachten wir dagegen jetzt den Längsdurchschnitt eines reifen Buchensamens (Taf. 3. Fig. 26) oder einer reifen Eichel (Taf. 3. Fig. 10), so finden wir wohl einen Keim, aber kein Sameneiweiſs, indem das letztere schon durch den Keim vollständig verzehrt ist. Oft ist das Eiweiſs sehr überwiegend, der Keim sehr klein; so bei den Palmen und bei dem Drachenbaum; nicht selten aber ist auch umgekehrt der Keim sehr groſs und vom Sameneiweiſs nur ein kleiner Rest zurückgeblieben, beim Baobab (Adansonia digitata). Wenn ein Sameneiweiſs, dessen Zellen Nahrungsstoffe, als Stärkmehl, fettes Oel, Klebermehl u. s. w. enthalten, vorhanden ist, so zehrt beim Keimen des Samens das junge Pflänzchen in der ersten Zeit zum gröſsten Theil von ihm, was sowohl von der jungen Palme als von dem jungen Nadelbaum (der Tanne und der Fichte) gilt. Wenn dagegen das Sameneiweiſs fehlt, so übernehmen die Samenlappen entweder durch die in ihren Zellen enthaltenen

Nahrungsstoffe, oder durch eine den Blättern überhaupt entsprechende Thätigkeit, die erste Ernährung der jungen Pflanze *). In dem ersten Falle verbleiben sie für immer im Boden, z. B. bei der keimenden Eichel, bei der Kastanie, der Wallnufs, desgleichen bei der Erbse. Im anderen Falle treten sie immer über die Erde und sind alsdann dem Blatte entsprechend, mit einer entwickelten Oberhaut, die wenigstens an einer Seite Spaltöffnungen besitzt, versehen (bei der Buche, Erle und Birke).





Die Samenlappen mancher Pflanzen wechseln, wieder nach der Lebensperiode, in welche der Keimling eingetreten, ihre Function. So verzehren dieselben bei den Nadelbäumen anfänglich das Sameneiweifs, welches sie umgiebt, entschlüpfen aber, wenn letzteres verbraucht ist, dem Samen und übernehmen nunmehr die Verrichtung der Blätter (Fig. 42). Die obere Seite der Samenlappen ist bei der Tanne mit Spaltöffnungen versehen, während die Nadel, das eigentliche Blatt desselben Baumes, solche an der Unterseite trägt. Die beiden grofsen fleischigen Samenlappen der Mandel, der Kirsche u. s. w., welche sofort den eiweifslosen Samen verlassen und über die Erde treten, liefern sicherlich durch ihre Nahrungstoffe dem Pflänzchen seinen ersten Bedarf und sorgen später, den wirklichen Blättern entsprechend, für atmosphärische Nahrung. — Die Samenschale, welche aus abgestorbenen, oft zierlich verdickten und verholzten Zellen besteht, ist bei der Keimung selbst unthätig, sie wird entweder von dem Keim durchbrochen oder gänzlich abgestreift.

Durch die Keimung des Samens wird, wie Göppert nachgewiesen, reichlich Wärme in Freiheit gesetzt. Die keimende Gerste erhitzt sich durch den chemischen Procefs in ihren Zellen.

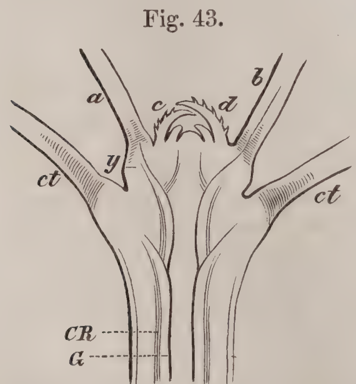
Fig. 42. I Keimpflanze von Thuja. II u. III Keimpflanze von Pinus silvestris. IV Keimpflanze von Ephedra; *s* der Same, welcher bei Thuja und Pinus über die Erde gehoben und wenn sein Sameneiweifs verbraucht ist, abgestreift wird (II), bei Ephedra dagegen in der Erde bleibt, obschon die beiden Samenlappen wie bei Thuja hervortreten. Das Gewebe des hier saftig verbleibenden Knospenkerns (*y*) vermittelt die Ernährung durch das Sameneiweifs; + die Grenze zwischen Stamm und Wurzel.

*) Die Seerosen (Nymphaea, Nuphar, Victoria regia) haben ein doppeltes Sameneiweifs, indem das eigentliche Sameneiweifs (Endosperm) noch von einer anderen, an Nahrungsstoffen reichen Gewebeschicht, dem Perisperm, umhüllt wird, welches bei Canna und Strelitzia, wo das eigentliche Sameneiweifs fehlt, dessen Stelle vertritt. Die Verhältnisse des Sameneiweifses zum Keime sind als sehr constante Merkmale mit Recht für die beschreibende Botanik wichtig geworden.

Im Keime der Pflanze schlummert, wie bereits erwähnt, die Anlage zu Allem, was sich später entwickelt. Nur in sehr seltenen Fällen, z. B. bei den Orchideen, den Monotropeen und den Orobancheen u. s. w. enthält der reife Samen einen, aus wenigen, scheinbar gleichwerthigen, Zellen bestehenden, kugeligen Keim, an dem sich erst während der Keimung Stamm- und Wurzelende differenciren und unter dem ersteren Blätter entstehen. In allen übrigen Fällen besteht der ausgebildete Keim dagegen aus einem Centraltheile, der Axe, welche nach der einen Seite mit der Anlage zur Wurzel (mit der Radicula), nach der anderen mit der Anlage zum Stamme (mit der Plumula) endigt, und hier bereits eines, zwei oder mehrere Blätter, die Samenlappen (Cotyledones) besitzt. Die Zahl der letzteren ist mit Recht zum Hauptgrundsatz einer systematischen Eintheilung des Gewächsreichs geworden. Mit einem Samenlappen keimen die Monocotyledonen (z. B. die Gräser, die Lilien, die Palmen u. s. w.), zwei Samenlappen sind dagegen den Dicotyledonen eigen; so keimen alle unsere Bäume mit Ausnahme einer Abtheilung der Nadelhölzer, die man Abietineen nennt, und zu denen die Tanne, Fichte, Kiefer und Lerche gehören, mit zwei Samenlappen, während letztgenannte deren fünf bis eilf, besitzen. Die Cycadeen endlich haben zwei Samenlappen, die an ihrer Spitze mit einander verwachsen sind.

Die Axe des Keimes ist die eigentliche Grundlage der neuen Pflanze, denn aus ihr entwickelt sich der Stamm und die Wurzel; die Samenlappen dienen dagegen nur zeitweilig zur Ernährung der Axe, und sterben, wenn sie nicht, gleich den eigentlichen Blättern, späterhin noch für atmosphärische Nahrung sorgen, in der Regel frühzeitig ab. Die Stammknospe des Keimlings (das Federchen, die Plumula) liegt immer zwischen den Samenlappen (Cotyledones), gewissermafsen durch letztere geschützt, und sie erscheint in der Regel als eine kleine kegelförmige Erhöhung, unter welcher nur in seltenen Fällen, z. B. bei der spanischen Kresse (Tropaeolum), bei den Palmen und bei der Wallnufs, schon junge Blätter angelegt sind.

Fig. 43.



Die Stammknospe (Plumula) trägt ihre jüngsten Zellen unmittelbar an ihrer Spitze, diese aber erhebt sich beim Keimen, indem unter ihr junge Blätter entstehen und der nunmehr verlängerte, mit Blättern besetzte Theil der Axe zum eigentlichen Stamme wird (Fig. 43). Das andere,

Fig. 43. Abies pectinata. Längsschnitt durch die jährige Keimpflanze im Juni. *ct* Die Samenlappen; *a* u. *b* Blätter (Nadeln) des einzigen, bald nach der Keimung entstandenen, Blattkreises; *c* u. *d* Knospenschuppen der schon geschlossenen Endknospe; *CR* Cambiumring; *G* Gefäfsbündel (16 mal vergröfsert).

immer dem Knospenmunde (Eimund, Mycropyle) des Samens zugewendete Ende der Axe dagegen trägt die Anlage zur Wurzel; dort liegen die jüngsten Zellen der künftigen Wurzel niemals unmittelear an der Spitze, sie sind vielmehr jederzeit von älteren Zellenschichten bedeckt, welche der fortwachsenden Wurzelspitze als Hülle dienen und Wurzelhaube genannt werden. Letztere aber ist allen Wurzeln, sie mögen aus dem Keime direct, oder später durch Knospenbildung hervorgegangen sein, eigen, und wird, so lange die Wurzel fortwächst, von ihr durch neue Schichten vermehrt, während die äufseren Schichten absterben. Aus diesem Bau der Wurzelspitze erklärt sich, warum die Wurzel niemals Blätter bildet. — Schon der Keim der Pflanze deutet demnach auf den Gegensatz der Stamm- und Wurzelknospe, dem wir auch späterhin überall begegnen (Fig. 11. S. 17).

Ein gelungener Längsschnitt durch die Mitte des Keimes der dicotyledonen-Gewächse zeigt ferner, in allen mir bekannten Fällen, den schon im vorigen Abschnitt besprochenen Verdickungsring, der sich nach der einen Seite in die Stammknospe, nach der anderen in die Wurzelknospe verliert, und die Axe des Keimes, dessen Gewebe, in Mark und Rinde scheidend, durchzieht. Der Verdickungsring besteht aus zarten, langgestreckten, Zellen, reich an stickstoffhaltiger Substanz; Stränge ähnlicher Zellen verlaufen von ihm, als Anlage der Gefäfsbündel, zu den Samenlappen. Der Keim der Monocotyledonen besitzt in der Regel eine sehr verkürzte Axe und statt des Verdickungsringes ein, aus fortbildungsfähigen Zellen bestehendes, Gewebe, welches die Stammknospe mit der Wurzelknospe verbindet, und das ich Keimlager genannt habe, weil sich, von ihm ausgehend, beide Knospen erheben, und weil aus ihm sich später der Verdickungsring beider entwickelt. Das Wurzelende (die Radicula) des Keimes aber wird hier mit wenigen Ausnahmen (Typha) nicht direct zur ersten Wurzel, wohl aber entstehen in ihm, vom Keimlager ausgehend, eine oder mehrere Nebenwurzeln (Fig. 44). Im Verdickungsringe bilden sich in der Regel erst während der Keimung die ersten Anfänge der Gefäfsbündel. Der Keim der Eiche, der Kastanie, der Wallnufs, der

Fig. 44.

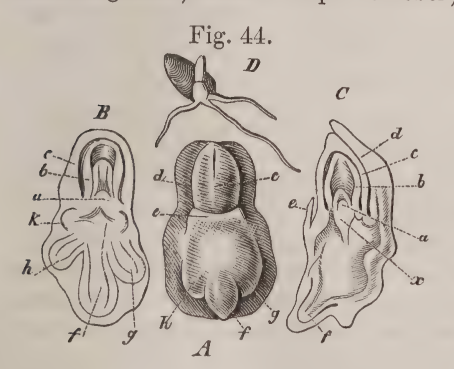
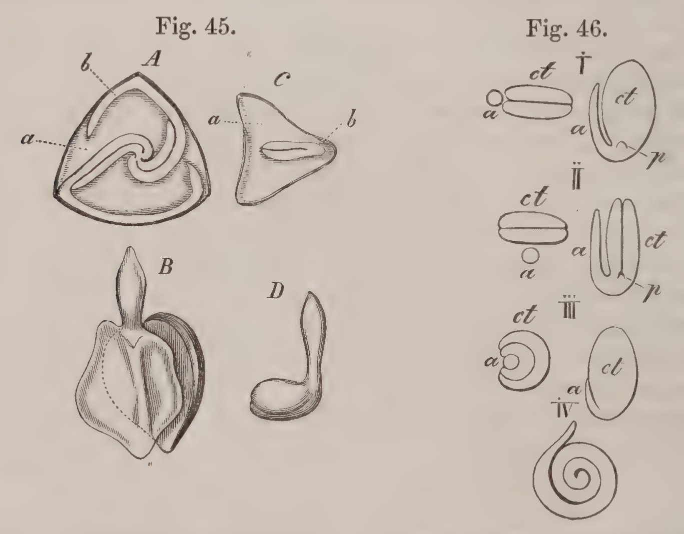


Fig. 44. *A* Der Keim eines Grassamens (Triticum fastuosum) von oben gesehen. *B* Als Längsschnitt von oben. *C* Als Längsschnitt von der Seite; *a* der Vegetationskegel der Stammknospe (die Plumula), unter welcher schon drei Blätter entstanden sind; *c* das erste dieser Blätter (welches auf dem Querschnitt nur zwei Gefäfsbündel zeigt), aus dessen Spalte beim Keimen der junge Halm hervortritt, und welches als Scheide (Coleophyllum)

Mistel und der Zamia besitzt dagegen schon vor der Keimung Spiralgefäfse. Das erste Auftreten derselben erfolgt an der inneren Seite des Verdickungsringes der Axe, und zwar dicht unterhalb der Samenlappen.

Die Gestalt des Keimes ist bei den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden; bald ist die Axe überwiegend, und bald sind es die Samenlappen. Für die Form beider Theile und für die Lage des Keimes im Samen gilt dasselbe (Fig. 45). Auch diese Verhältnisse, für jede Pflanze sehr constant, werden für die Eintheilung der Gewächse wichtig; die Unterabtheilungen in der Familie der Cruciferen, wohin unsere Kohlpflanzen gehören, gründen sich z. B. fast allein auf die Gestalt und Lage ihres Keimes in dem Samen (Fig. 46).

Fig. 45. Fig. 46.



verbleibt; *b* das zweite Blatt, welches sich gleich den folgenden vollständig ausbildet; *d* der Samenlappen; *e* ein Theil desselben, aus welchem *c* hervortritt; *f, g, h, k* Nebenwurzeln; *x* das Keimlager unter dem Vegetationskegel (10mal vergröfsert). *D* Ein keimendes Samenkorn; die Nebenwurzeln *f, g, h* sind schon hervorgetreten.

Fig. 45. *A* Querschnitt durch den Samen des Buchweizens (Polygonum Fagopyrum); *a* Das Sameneiweifs; *b* der Keim. *B* Der Keim des Buchweizens, aus dem Samen herausgehoben. *C* Der Same von Polygonum Convolvulus, quer durchschnitten; *a* das Sameneiweifs; *b* der Keim. *D* Der Keim dieser Pflanze, frei gelegt (8mal vergröfsert).

Fig. 46. Die Lage des Keimes im Samen der Cruciferen schematisch dargestellt, und zwar so, wie dieselbe von der Seite gesehen und im Querschnitt erscheint. *a* Die Achse des Embryo; *ct* Samenlappen; *p* die Plumula. I Pleurorhizeae (Cheiranthus, Nasturtium, Arabis, Cardamine, Alyssum, Draba, Cochlearia, Tlaspi, Iberis). II Notorhizeae (Hesperis, Sisymbrium, Erysimum, Camelina, Capsella, Lepidium, Isatis). III Orthoplozeae (Sinapis, Brassica, Diplotaxis, Crambe, Raphanus). IV Spirolobeae (Bunias).

Ebenso verschieden als die Formverhältnisse, sind, wie schon erwähnt, die chemischen Bestandtheile des Keimes sowohl, als auch des Samen-Eiweifses. Bei der Dattel und bei sehr vielen Palmen besteht das letztere aus stark verdickten Zellen mit körnigem, sich durch Jod gelb färbendem Inhalt. Der Samenlappen, welcher hier nur zur Aufsaugung des Samen-Eiweifses dient, verzehrt, indem er sich immer weiter innerhalb des Samens ausdehnt, das letztere vollständig, so dafs von den verdickten Zellen und ihrem Inhalte keine Spur zurückbleibt. Das Samen-Eiweifs der Nadelhölzer, aus zartwandigen Zellen, die Stärkemehl, fettes Oel und Klebermehl enthalten, gebildet, wird dagegen beim Keimen nur seines Inhaltes beraubt, und bleiben die leeren, zusammengedrückten Zellen in der abgestreiften Samenschale zurück; ebenso bei den Getreidearten, deren Samen-Eiweifs reich an Stärkmehl ist, während dem Keime das letztere mangelt. In den Samenlappen der Kastanie und der Eiche, die das fehlende Eiweifs ersetzen, ist Stärkmehl in grofser Menge angehäuft, und in den Samenlappen der Buche, der Wallnufs und Haselnufs finden wir das letztere durch fettes Oel und Klebermehl vertreten.

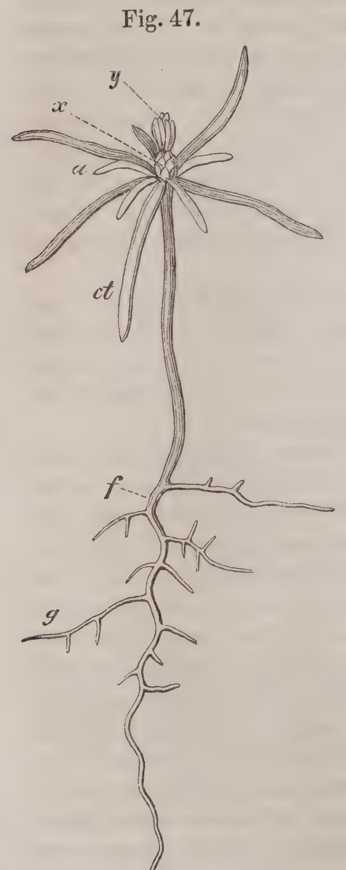
Als Grundbild des Keimes der Monocotyledonen soll mir die Palme, für die Dicotyledonen aber die Eiche und Buche, und für die Nadelhölzer die Tanne als Beispiel dienen. Ich beginne mit dem Keime der lezteren, weil gerade hier, wie überhaupt bei den Nadelhölzern, Axe und Keimblätter besonders einfach und deutlich ausgeprägt sind.

Der Same der Tanne ist der gröfste unserer heimathlichen Nadelhölzer, er ist, gleich dem Samen der übrigen Coniferen, an seinem breiten Ende häutig geflügelt (Taf. I. Fig. 9). Die hellbraune, den Kern umhüllende, Samenschale enthält mehrere weite, mit einem sehr aromatisch riechenden, flüchtigen Oele erfüllte, Oelgänge, welche dem Samen der Fichte, Kiefer und Lerche fehlen (Taf. I. Fig. 4). Ein weifser, ölhaltiger Kern, das Sameneiweifs, umschliefst den Keim, der in gerader Richtung in des Samens Mitte liegt (Taf. I. Fig. 8). Dieser Keim, von gelblichem Aussehen, besteht aus einer ziemlich langen, cylindrischen Axe, deren Wurzelende dem spitzen, ungeflügelten Ende des Samens zugewendet ist. Keimblätter, der Zahl nach verschieden, umgeben die kleine, kegelförmige Stammknospe (die Plumula)*). Vom Verdickungsring, der sich nach oben in das Gewebe der Stammknospe, nach unten in den jüngsten Theil des Wurzelendes verliert, verlaufen Bündel langgestreckter Cambiumzellen zu den Keimblättern. Das Wurzelende (die Radicula) ist mit einer sehr entwickelten Wurzelhaube versehen. Die Oberfläche der Axe, desgleichen die Unterseite der Keimblätter, besitzt eine zarte Oberhaut ohne Spaltöffnungen, die Oberseite der letzteren ist dagegen mit Spaltöffnungen versehen. Das Nahrungsgewebe des Keimes enthält sehr wenig feinkörniges Stärkmehl, dagegen grofse Mengen einer anderen

*) Man vergleiche die für die Kiefer gegebene Abbildung (Fig. 11. S. 17), welche im Bau der Tanne entspricht.

körnigen Substanz (wahrscheinlich Klebermehl). Zucker und Schwefelsäure bewirken *) eine lebhaft rosenrothe Färbung aller Theile des Keimes, während im ausgebildeten Stamme oder Zweige derselben Pflanze nur die zur Fortbildung dienenden Zellen, z. B. der Verdickungsring, die Stammspitze u. s. w. solche Färbung annehmen. Im Keime sind demnach, wie es scheint, alle Zellen, jedoch nicht alle in gleichem Grade, fortbildungsfähig und deshalb reicher an stickstoffhaltigen Verbindungen.

Fig. 47.



Wenn der Same der Tanne keimt, so durchbricht zuerst das Wurzelende die Samenschale. Der mit lockerer Walderde schwach bedeckte Same erhebt sich, während das Wurzelende seines Keimes tiefer in die Erde dringt, über den Boden. Auch die Keimblätter verlängern sich jetzt und streifen allmälig die Samenschale als leere Hülle ab (Taf. I. Fig. 10), worauf das junge Pflänzchen seine nunmehr grüngefärbten Samenlappen quirlförmig ausbreitet (Fig. 47). Der über der Erde befindliche Theil der Axe ist jetzt rosenroth, der in derselben lebende Theil hellbraun gefärbt, das Wurzelende aber erscheint farblos und an seiner Spitze erkennt man mit der Lupe schon die Wurzelhaube.

Die Tanne keimt selten mit vier, in der Regel mit fünf bis sieben Samenlappen. Durchschneidet man das junge Pflänzchen, das eben seine Schale abgestreift, der Länge nach, so findet man im Verdickungsringe der Axe die Anfänge der Gefäfsbündel mit einigen Spiralgefäfsen. Die Zahl der ersten Gefäfsbündel aber richtet sich nach der Zahl der Samenlappen und entspricht derselben (Taf. I. Fig. 11). — Zwischen den letzteren sieht man, aus der Stammknospe hervorgegangen, die Anlage junger Blätter, der eigentlichen Nadeln. Diese Blätter, in gleicher Zahl als die Samenlappen vor-

Fig. 47. Keimpflanze von Abies pectinata im Frühling des zweiten Jahres. *a* Die Blätter (Nadeln) des ersten Jahres; *x* der Schuppenansatz oder die Deckschuppen, aus welchen der Trieb des zweiten Jahres (*y*) hervorbricht; *ct* die Samenlappen; *f* die Pfahlwurzel; *g* Seitenwurzeln.

*) Die rothe Färbung durch Zucker und Schwefelsäure deutet auf die reichliche Gegenwart stickstoffhaltiger Substanzen.

handen, liegen, wie ein Querschnitt zeigt, zwischen den letzteren, demnach mit ihnen abwechselnd. Auf den ersten Kreis solcher Blätter folgt bald, ebenfalls durch das thätige Gewebe der Stammspitze, durch den Vegetationskegel, der immer seine kegelförmige Gestalt bewahrt, hervorgerufen, ein zweiter Blätterkreis, dessen Elemente alsdann zwischen den Blättern des ersten Kreises stehen und diesem folgen nach einander neue Blätterkreise.

Die junge Tanne entwickelt im ersten Lebensjahre selten mehr als einen Kreis ausgebildeter Nadeln, die Blätteranlagen der später gebildeten Kreise werden als Deckschuppen verwerthet, mit denen das Wachsthum der Stammknospe abschliefst. Letztere erhebt sich deshalb im ersten Jahre nur sehr wenig, und macht auch im zweiten Jahre nur einen etwa zolllangen Trieb; erst mit dem zehnten oder zwölften Jahre beginnt das eigentliche Längswachsthum der Tanne.

Die Wurzel der jungen Tanne wächst anfangs unverzweigt; in den Sommermonaten erscheinen darauf die ersten kleinen Seitenwurzeln. Wurzel nenne ich überall den Theil der Axe des Keimlings unterhalb der Samenlappen, welcher sich in der Erde befindet und sich von dem Stamme, der aus der Stammknospe hervorgeht, zunächst durch die Entwickelung seiner Rinde unterscheidet, deren äufserer Theil in allen von mir untersuchten Fällen frühzeitig abstirbt und sich als braungefärbtes, faseriges Häutchen abschält. Der Theil dagegen, welcher z. B. bei den Nadelhölzern, der Buche u. s. w. zwischen der Erde und den Samenlappen befindlich ist, wird Wurzelhals genannt.

Aus den anfänglich getrennten Gefäfsbündeln der jungen Tanne ist nach und nach, durch Vermittelung des Verdickungsringes ein geschlossener Holzring, der sowohl die Wurzel, als den noch sehr kurzen jugendlichen Stamm durchzieht, entstanden.

Die Keimblätter, fast doppelt so grofs, als die eigentlichen Nadeln, bleiben mehrere Jahre lang am Pflänzchen, sie tragen ihre Spaltöffnungen auf der Oberseite, während die Nadeln dieselben an der Unterseite, in den beiden als silberweifse Streifen erscheinenden Längsreihen besitzen. Die Samenlappen unterscheiden sich aufserdem durch die geringe Entwickelung oder das gänzliche Fehlen der beiden Harzgänge von den eigentlichen Nadeln. Die Deckschuppen (Fig. 43. S. 46), welche in mehreren abwechselnden Kreisen schon frühe die Knospe schliefsen, werden bald saftlos, sie erhalten kein Gefäfsbündel, und unter ihrem Schutz überwintert der junge, schon im Herbste angelegte Trieb des kommenden Jahres. Wenn letzterer im Frühlinge darauf die Schuppen durchbricht, so bleiben dieselben zum Theil als braungefärbte Schüppchen stehen, und bilden die Schuppen-Ansätze, nach welchen der Förster sowohl das Alter der jungen Pflanze wie des jungen Zweiges der Nadelbäume bestimmt (s. Fig. 47).

Der Stamm der Tanne wächst in den ersten Jahren langsam, und er verzweigt sich selten vor dem dritten, in der Regel erst im vierten

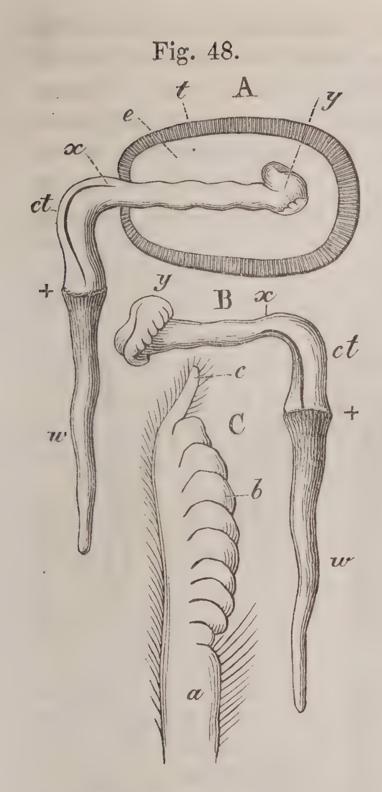
Sommer. Die Haupt- oder Pfahlwurzel drängt sich dagegen immer tiefer in die Erde, und die Zahl ihrer Seitenwurzeln vermehrt sich.

Der innerhalb einer Wachsthumsperiode (eines Sommers) entstandene Theil des Stammes oder der Wurzel wächst im nächsten Jahre nicht mehr in die Länge, er verdickt sich dagegen alljährlich mit Hülfe des Verdickungsringes; der Stamm unserer Bäume verlängert sich deshalb alljährlich nur durch seine Endknospe. Bis zum zehnten oder zwölften Jahre macht die Tanne, gleich der Fichte, nur sehr schwache Höhentriebe. Ein zwölfjähriges Bäumchen ist deshalb selten über zwei Fufs hoch. Etwa vom fünften Jahre an treibt sie starke und üppige Seitenzweige, und beschattet sich, wie der Förster zu sagen pflegt, durch letztere. Plötzlich erhebt sich, etwa mit dem zwölften Jahre, der Haupttrieb, um in einem Sommer oftmals einen fufslangen Schufs zu bilden. Die Zweigbildung tritt jetzt mehr zurück und wird dabei regelmäfsig. Unter dem Schuppen-Ansatz des Haupttriebes entstehen fortan in der Regel fünf bis sechs als Quirl gestellte Zweige, während an den Aesten unter jedem Ansatz nur zwei Seitenzweige, die gleich den Aesten wagerecht liegen, gebildet werden. Der untere Theil des Stammes, jetzt von der Krone über ihm beschattet und des Lichtes beraubt, wirft allmälig seine Zweige ab, die Aeste des oberen Theiles dagegen breiten sich mehr und mehr und zwar wagerecht aus. Das Höhenwachsthum des Baumes dauert in dieser Weise bis etwa zum funfzigsten Jahre, wo der Stamm eine bedeutende Höhe erreicht hat, und die Tanne zum ersten Male zur Blüthe gelangt. Von der Blüthezeit ab wird dann das Höhenwachsthum des Stammes langsamer, und die bis dahin kegelförmige Spitze seiner Krone nimmt eine kuppelförmige Rundung an.

Auch bei der Kiefer nimmt das Höhenwachsthum in einem gewissen Alter ab und die Krone gewinnt in der Ausbreitung. Die Fichte dagegen wächst, so lange sie überhaupt kräftig vegetirt, auch munter in die Höhe, ihre Krone bleibt deshalb für immer kegelförmig.

Die Fichte (Picea vulgaris Link) keimt mit 6—10, in der Regel aber mit 9 Samenlappen. Die Kiefer (Pinus silvestris) und die Lerche (Larix europaea) entfalten 5 bis 7, am häufigsten 6 Samenlappen. Der Lebensbaum (Thuja orientalis) und der Eibenbaum (Taxus baccata) keimen dagegen immer nur mit 2 Samenlappen. Bei Araucaria brasiliensis verlassen beide Samenlappen den Samen nicht (Taf. II. Fig. 38 u. 39), die Keimung entspricht hier den Cycadeen, doch sind die Samenlappen der Araucaria getrennt, der Cycadeen dagegen an ihrer Spitze verwachsen (Fig. 48).

Bei allen Nadelbäumen, desgleichen bei den Cycadeen, entspricht die Zahl der im Verdickungsring der Axe der Keimpflanze entstehenden Gefäfsbündel der Zahl der vorhandenen Keimlappen. Beim Lebensbaum und bei der Zamia entstehen deshalb immer zwei Gefäfsbündel, bei der Tanne, Fichte, Kiefer und Lerche dagegen genau so viele, als Samenlappen vorhanden sind. Aus den im Verdickungsring bei der Keimung entstehenden



Gefäfsbündeln entwickelt sich darauf allgemach der Holzring des Stammes und der Wurzel. Wie die Cambiumbündel in den Samenlappen des Keimes als Fortsetzung der Cambiumbündel im Verdikkungsringe erscheinen, so stehen auch die aus ihnen entstandenen Gefäfsbündel der Samenlappen mit dem Holzring in directer Verbindung.

Der Zahl der Samenlappen entspricht gleichfalls die Zahl der Blätter des ersten Blattkreises der jungen Pflanze. Nur die Fichte macht hier eine Ausnahme, indem ihr erster Blattkreis, unabhängig von der Zahl der Samenlappen des Keimlings, aus vier Blättern besteht, und die darauf folgenden Nadeln schon spiralig um das Stämmchen stehen. Der Lebensbaum entwickelt zuerst zwei Blätter, welche mit den beiden Samenlappen abwechseln, der folgende Blattkreis bildet dagegen vier Blattanlagen. Bei der Tanne, Kiefer und Lerche wechseln die Blätter des ersten Kreises immer mit den Samenlappen (Taf. II. Fig. 12).

Der Keim aller Nadelhölzer durchbricht mit seinem Wurzelende die Samenschale; und erst, wenn das Samen-Eiweifs verzehrt ist, wird die letztere, bei der Entfaltung der Samenlappen, die bald am Lichte sich grün färben, abgestreift. Bei der Tanne, die im ersten Jahre nur einen Nadelkreis bildet (Fig. 47. S. 50), bleiben die letzteren jahrelang saftig, bei der Fichte und Kiefer dagegen, welche schon im ersten Jahre einen mit zahlreichen Blättern besetzten Stammtrieb ausschickt (Fig. 49), vertrocknen sie bereits im ersten Sommer, und bei der Lerche, die sich im Herbste entlaubt, fallen sie mit den Nadeln vom Stämmchen.

Unsere Kiefer trägt bekanntlich zwei Nadeln, die aus einer von häutigen Schuppen gebildeten Scheide hervortreten (Fig. 50). Der jungen, aus dem Keime entstandenen Pflanze des ersten Jahres fehlen diese Doppelnadeln.

Fig. 48. Keimung von Zamia spiralis. *A* Der Same ist der Länge nach durchschnitten; *t* der innere holzige Theil der Samenschale; *e* das Sameneiweifs. Die beiden Samenlappen (*ct*) des Keimlings sind bei *x* miteinander verwachsen; nur einer derselben ist an seinem Ende (*y*) einem jungen Wedel (Blatte) gleich ausgebildet. Die Grenze zwischen Stamm und Wurzel (*w*) ist mit + bezeichnet. *B* Die Keimpflanze freigelegt. Die Bezeichnung wie bei *A* (beide Figuren in natürlicher Gröfse). *C* Ein ganz junger Wedel 8 mal vergröfsert; *a* der Wedelstiel; *b* die Fiederblätter; *c* das Ende des Wedelstiels.

Das aus der Stammknospe (der Plumula) entstandene Pflänzchen trägt einfache Blätter oder Nadeln (s. Fig. 49), mit einem centralen Gefäſsbündel und zwei Harzgängen versehen; der Trieb des zweiten Jahres entfaltet dagegen Doppelnadeln, welche aus einer Knospe entstehen, die sich in der Achsel des eigentlichen Blattes entwickelt; das letztere aber bleibt in diesem Falle schuppenartig und dient der Knospe als Deckschuppe (Taf. II. Fig. 21 u. 22). Nur wenn die junge Kiefer bisweilen schon im ersten

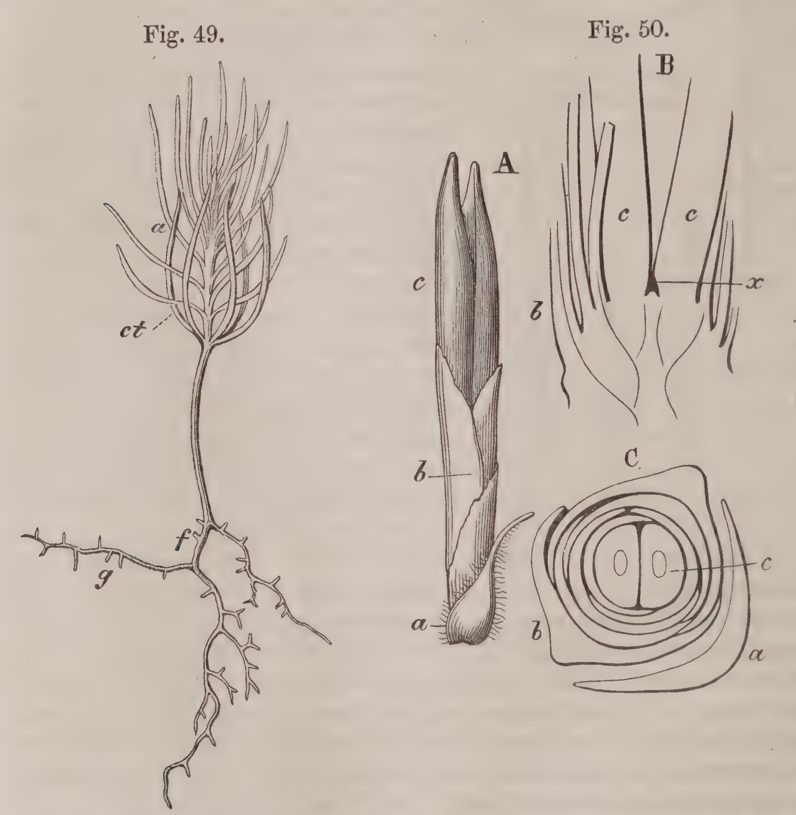


Fig. 49. Die Keimpflanze von Pinus silvestris im ersten Sommer. *a* Der aus der Stammknospe hervorgegangene Stamm; *ct* die Samenlappen; *f* die Pfahlwurzel; *g* Seitenwurzeln.

Fig. 50. *A* Der verkürzte Zweig der gemeinen Kiefer (Pinus silvestris) noch ehe derselbe vollständig entfaltet ist, 8mal vergröſsert; *a* das Deckblatt der Achselknospe, aus welcher der verkürzte Zweig hervorging; *b* die aus häutigen Deckblättern, welche der Achselknospe selbst angehören, entstandene Scheide; *c* eine der beiden Nadeln. *B* Der Längsschnitt durch die Mitte eines solchen Zweiges; *b* u. *c* wie bei *A*; *x* der kleine Vegetationskegel zwischen den beiden Nadeln. *C* Querschnitt durch die Basis eines solchen noch nicht entfalteten Zweiges. Die Bezeichnung wie bei *A* u. *B*. — *B* u. *C* sind 20mal vergröſsert.

Sommer Doppelnadeln bildet, sind diese Stützblätter der Knospe nadelartig entwickelt (vgl. Abschnitt III).

Auch die Nadelbüschel der Lerche erscheinen niemals am einjährigen Pflänzchen, welches, wie die Keimpflanze anderer Nadelhölzer, nur einfache Nadeln besitzt. Selbst der Trieb des zweiten Jahres bringt noch keine Blätterbüschel, wohl aber entstehen in der Achsel seiner Nadeln Knospen, welche im kommenden Frühjahre den Blätter- oder Nadelkranz entfalten (vgl. Abschnitt III). Bei der canarischen Kiefer bringt die Keimpflanze mehrere Jahre hinter einander Triebe mit einfachen Nadeln, und erst mit der Verzweigung des jungen Baumes erscheinen drei Nadeln als die ausgebildeten Blätter eines verkürzten Zweiges in der Achsel eines schuppenartig gebliebenen Blattes.

Die jungen Keimpflanzen der von mir untersuchten Nadelbäume sind bei genauer Kenntnifs derselben nicht schwer zu unterscheiden (Taf. I. Fig. 10, 30 u. Taf. II. Fig. 11 u. 29). Die Keimpflanze der Tanne ist am gröfsten, sie macht dessenungeachtet im ersten Jahre den kleinsten Stammtrieb, dagegen dringt ihre Wurzel am tiefsten in den Boden. Die Tanne wurzelt überhaupt sehr tief, und wird deshalb vom Sturme nicht leicht geworfen. Die Fichte bildet bisweilen schon im ersten Lebensjahre einen Seitenzweig (Taf. I. Fig. 31), der bei der Tanne, Kiefer und Lerche niemals vorkommt. Die Sämlinge der beiden letztgenannten Bäume entsenden darauf im zweiten Jahre, unter günstigen Verhältnissen, einen ziemlich starken Haupttrieb, verzweigen sich aber in der Regel erst im dritten Jahre, und beschatten sich niemals so stark, als die Sämlinge der Tanne und Fichte, welche in den ersten Lebensjahren fast ihre ganze Kraft auf die Bildung der Seitenzweige verwenden. Eine zehnjährige Kiefer und Lerche ist deshalb doppelt oder dreimal so hoch, als eine Tanne und Fichte von gleichem Alter.

Der Keim der Buche ist mit zwei sehr grofsen Samenlappen versehen, die mehrfach zusammengefaltet im dreikantigen Samen liegen (Taf. III. Fig. 26). Die Axe des Keimes ist um so kleiner. Das Samen-Eiweifs fehlt, es ist bereits vom Keim verzehrt. Die Stammknospe (Plumula) trägt ihr jüngstes Gewebe unmittelbar an der Spitze, die Wurzel-Anlage (Radicula) dagegen besitzt eine Wurzelhaube, welche das jüngste Gewebe bekleidet. Im Verdickungsringe zeigt sich die Anlage zu acht Gefäfsbündeln.

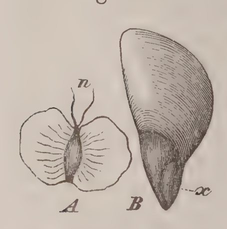
Das Mark und die Rinde des Keimes enthalten Stärkmehl, in den Samenlappen findet sich dagegen fettes Oel in Menge. Wenn das Wurzelende des Keimes schon tief in den Boden gedrungen, ist die Samenschale noch nicht abgestreift. Erst allmälig entfalten sich die Samenlappen, aus deren Zellen jetzt das Oel verschwunden und durch Stärkmehl und Blattgrün ersetzt ist (Taf. III. Fig. 28 u. 29).

Die junge Buche treibt alsbald zwei gegenständige Blätter, welche mit den beiden Keimblättern in ihrer Stellung abwechseln. Der Theil der Stammknospe unter diesen Blättern erhebt sich darauf um einen bis zwei

Zoll, und wird zum ersten Stengelglied*) der neuen Pflanze. In der Regel schliefst sich darauf die Knospe; nicht selten treibt sie dagegen noch ein drittes Blatt, das einzeln stehend zu beiden Seiten mit einem kleinen, lancetförmigen, bald absterbenden Nebenblatt versehen ist. Bei allen später erscheinenden Blättern der Buche sind diese Nebenblätter immer, und zwar mehr ausgebildet, vorhanden (Taf. III. Fig. 20); sie dienen der Knospe als Deckschuppe. Die Samenlappen, deren Unterfläche eine mit Spalt-Oeffnungen versehene Oberhaut besitzt, bleiben bis zum Herbste grün gefärbt, fallen aber nicht selten schon vor den Blättern von dem Stämmchen.

Bisweilen macht der Sämling der Buche schon im ersten Lebensjahre einen zweiten Trieb, d. h. die bereits geschlossene Knospe entfaltet sich noch einmal, in welchem Falle das Pflänzchen schon im ersten Jahre eine Höhe von 6 bis 8 Zoll über der Erde erreicht. Die starke Hauptwurzel dringt alsdann mindestens eben so tief in den Boden. In den darauf folgenden Jahren wächst die Buche verhältnifsmäfsig langsam. Eine 6- oder 8jährige Buche ist noch ein strauchartiges Pflänzchen.

Fig. 51.



Der sehr kleine nach beiden Seiten geflügelte Same der Birke (Fig. 51) umschliefst einen noch kleineren Keim. Die beiden fleischigen eirunden Samenlappen vertrocknen, sobald das Pflänzchen einige Blätter entwickelt hat (Taf. IV. Fig. 46). Für den ebenfalls sehr kleinen Keim der Erle gilt dasselbe, doch ist die Keimpflanze des letzteren Baumes durch kleine runde Anschwellungen an der sich frühverzweigenden Wurzel ausgezeichnet (Taf. IV. Fig. 33). Die ersten Blätter beider Pflänzchen sind klein und der Gestalt nach von den Blättern des ausgebildeten Baumes durchaus verschieden. Die Birke und Erle wachsen in den ersten Lebensjahren verhältnifsmäfsig schnell. Die Blätter der einjährigen Birke sind stark behaart, während die Blätter der älteren Pflanze (Betula alba) fast haarlos erscheinen. Bei dem Ahorn und der Ulme (Fig. 52 II u. III), die ebenfalls einen eiweifslosen Samen besitzen, sind die Samenlappen gestaltlich noch mehr von den ausgebildeten Laubblättern verschieden, mit denen auch die ersten Blätter der Keimpflanze noch wenig Aehnlichkeit haben. Bei der Linde, mit eiweifshaltigem Samen, sind die Keimblätter tief getheilt (Fig. 52 I).

Fig. 51. *A* Die geflügelte Frucht der Birke (Betula alba); *n* die beiden Narben. *B* Der geflügelte Same der Tanne (Abies pectinata); *x* ein Harzgang im einfachen Integument.

---

*) Stengelglied oder Internodium heifst der Theil eines Zweiges, welcher zwei aufeinanderfolgende Blätter oder Blattkreise der Höhe nach von einander trennt.

Der Keim der Eiche füllt die Frucht, die Eichel, vollständig aus; nur selten findet man zwei Keime in einer Eichel. Die grofsen und dicken Samenlappen (Taf. III. Fig. 10) sind mit Stärkmehl erfüllt und von verzweigten Gefäfsbündeln durchsetzt, welche bereits vor der Keimung Spiralgefäfse enthalten. Die sehr kleine Axe des Keimes liegt nach dem spitzen Ende der Eichel; sie ist mit einer Stammknospe und einer Wurzel-Anlage, desgleichen mit einem Verdickungsring versehen. Wenn die Eichel keimt, bricht die Wurzel aus der Fruchtschale hervor und ist bereits mehrere Zoll lang, bevor sich die Stammknospe erhebt. Die Eichel selbst bleibt in der Erde; ihren Samenlappen fehlt eine Oberhaut mit Spaltöffnungen, sie sind bestimmt, dem Pflänzchen durch ihren Stärkmehlgehalt Kohlenstoffnahrung zu liefern. Bis zum dritten Jahre bleiben dieselben innerhalb der Eichel mit der jungen Pflanze verbunden und vermodern darauf allmälig. Der junge Stamm entwickelt anfänglich keine ausgebildeten Blätter, ist vielmehr zuerst nur mit kleinen einzeln stehenden Schuppen, die spiralig in gröfseren Abständen um den Stamm auftreten, besetzt, dann bilden sich neben einander zwei solcher Schuppen, und endlich tritt zwischen ihnen, welche nunmehr die pfriemenförmige Gestalt der eigentlichen Nebenblätter angenommen haben, ein wirkliches, freilich noch sehr kleines, Laubblatt hervor. Eine Regelmäfsigkeit in der Blattstellung ist am Sämling der Eiche nicht erkennbar (Taf. III. Fig. 11).

Fig. 52.

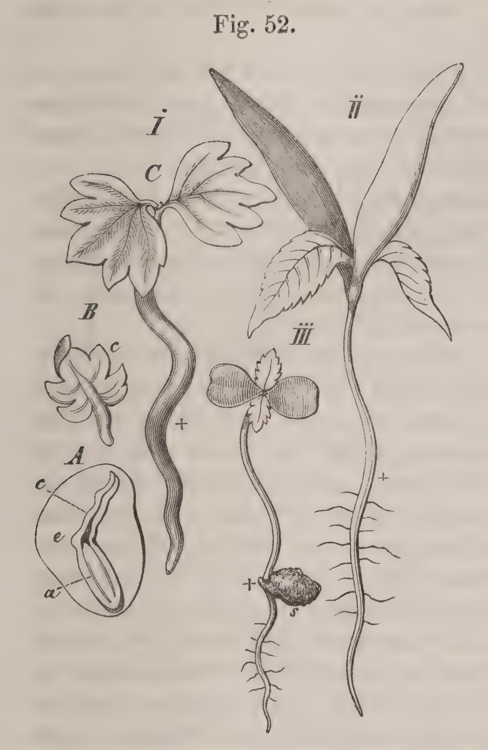
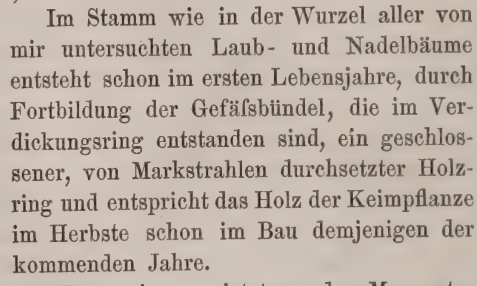


Fig. 52. Keimung. I Tilia europaea. *A* Der Same im Längsschnitt; *a* die Achse des Keimes; *c* Samenlappen; *e* Sameneiweifs. *B* Der Keim aus dem Sameneiweifs herausgenommen. *C* Junge Keimpflanze mit gespaltenen Samenlappen. II Die Keimpflanze von Acer platanoides. III Die Keimpflanze von Ulmus campestris. + Die Grenze des Stammes und der Wurzel.

Die Eiche macht im ersten Lebensjahre, je nach den günstigen oder ungünstigen Verhältnissen, einen längeren oder kürzeren Stammtrieb; auch dringt ihre starke Pfahlwurzel tief in die Erde. Die ächte und die unächte Kastanie, desgleichen die Wallnufs bringen gleich der Eiche ihre

Samenlappen nicht über die Erde, und die Lorbeer-Arten keimen in ähnlicher Weise. Die Erbse entfaltet ihre Samenlappen nicht, während die Bohne und die Lupine selbige über den Boden erheben, und unter den Nadelbäumen keimt, wie schon erwähnt, die Araucaria, obschon sie, wie alle Coniferen, ein Sameneiweifs besitzt, in ähnlicher Weise als die Eiche und die Erbse (Taf. II. Fig. 39).

Fig. 53.



Im Stamm wie in der Wurzel aller von mir untersuchten Laub- und Nadelbäume entsteht schon im ersten Lebensjahre, durch Fortbildung der Gefäfsbündel, die im Verdickungsring entstanden sind, ein geschlossener, von Markstrahlen durchsetzter Holzring und entspricht das Holz der Keimpflanze im Herbste schon im Bau demjenigen der kommenden Jahre.

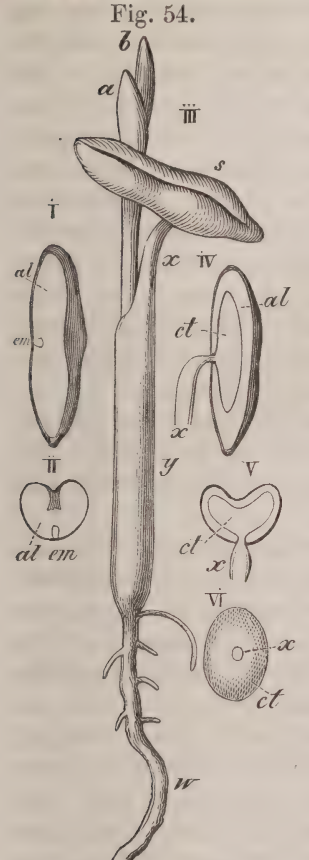
Wenn wir uns jetzt zu den Monocotyledonen, und zwar zu den Palmen, wenden, so keimt der kleine runde Same von Chamaedorea Schiedeana, welche in unseren Treibhäusern sehr gemein ist, leicht und oftmals freiwillig. Derselbe enthält in einem weifsen, hornartigen Sameneiweifs einen sehr kleinen Keim (Fig. 53 *em*), der aus einem grofsen Samenlappen (*ct*), welcher die kleine, nicht scharf von ihm getrennte Axe umschliefst, besteht. Dieselbe zeigt nach der einen Seite die Stammknospe (*a*), schon von zwei Blattanlagen (*b* u. *c*) umgeben, nach der anderen dagegen die Anlage zur ersten Wurzel (*r*). Sobald der Same keimt, dehnt sich der Samenlappen aus und verzehrt sowohl den Inhalt als die verdickten Wandungen des Sameneiweifses ganz allmälig. Die Wurzelanlage bricht zuerst aus der Samenschale hervor und bald darauf folgt ihr der Stamm. Die drei ersten Blätter der jungen Pflanze (*b*, *c* u. *d*) entwickeln keine Blattfläche und erst das vierte Blatt (*e*) kommt zur vollständigen Ausbildung.

Die Dattelpalme (Phoenix dactylifera) verhält sich bei der Keimung etwas anders, indem durch eine bedeutende Verlängerung des scheidenförmig die Stammknospe umfassenden Theiles des einzigen Samenlappens

Fig. 53. Der runde Same der Chamaedorea durchschnitten vor und im Beginn der Keimung, desgleichen ein Längsschnitt durch die Mitte des Keimes vor der Keimung (25 mal vergröfsert), endlich eine Keimpflanze, welche bereits das vierte Blatt (*e*) entfaltet hat; *a* der Vegetationskegel der Stammknospe; *b* das erste; *c* das zweite; *d* das dritte; *e* das vierte Blatt; *al* das Sameneiweifs; *ct* der Samenlappen; *em* der Keim.

die Anlage zur jungen Pflanze mehrere Zolle, ja bei anderen Palmenarten mehrere Fuſs tief, in den Boden geführt wird. Schon das dritte Blatt der Dattelpalme wird vollständig ausgebildet (Fig. 54). Bei der Cocospalme, deren Nuſs mit drei Keimlöchern versehen ist, tritt die Keimpflanze aus einem dieser Löcher hervor, auch treibt, wenn drei Keime vorhanden sind, jedes Loch seine junge Palme.

Fig. 54.



Unsere Getreide-Arten keimen ähnlich wie die Chamaedorea, doch mit dem Unterschiede, daſs nur das erste Blatt der Stammknospe des Keimlings scheidenförmig bleibt und keine Blattfläche ausbildet, und daſs bei einigen Arten, z. B. beim Weizen und Roggen, schon im Keime mehrere Wurzel-Anlagen vorhanden sind (Fig. 44. S. 47).

Für die physiologische Bedeutung der Samenlappen giebt uns die Keimung der wenigen hier aufgeführten Pflanzen wichtige Belege. Bei den Nadelbäumen, deren Keim in einem Sameneiweiſs liegt, dienen die Samenlappen zuerst mit zur Aufnahme der Nahrungsstoffe aus dem letzteren, ihre Unterseite ist deshalb mit einer zarten, zur Aufsaugung flüssiger Stoffe geschickten Oberhaut bekleidet. Ist das Sameneiweiſs verzehrt, und die Samenschale abgestreift, so sorgen dieselben Samenlappen, gleich den übrigen Blättern, für atmosphärische Nahrung, weshalb ihrer Oberseite eine, mit Spaltöffnungen versehene, Oberhaut zukommt. — Bei der Buche, Birke und Erle, die kein Samen-Eiweiſs besitzen, ernähren die Samenlappen anfänglich, jedoch nur für kurze Zeit, und zwar durch die in ihnen selbst angehäuften Nahrungsstoffe, das junge Pflänzchen; die untere Seite der Samenlappen ist, gleich den Blättern dieser Bäume, mit Spaltöffnungen versehen, dieselben dienen deshalb, der Samenschale entschlüpft,

Fig. 54. Phoenix dactylifera. I u. II Der Same vor der Keimung im Längs- und Querschnitt; *em* der Embryo; *al* das Sameneiweiſs. III Die keimende Pflanze; *s* der Same; *x* die Verlängerung des Samenlappens; *y* der scheidenförmige, stengelumfassende Theil des letzteren; *a* und *b* die ersten Blätter der Keimpflanze; *w* die scheinbare Pfahlwurzel der Keimpflanze. IV u. V Der Same im Längs- und Querschnitt aus diesem Stadio der Keimung; *ct* der Theil des Samenlappens, welcher die Aufsaugung des Sameneiweiſses (*al*) besorgt; *x* der stielartig hervortretende Theil des Samenlappens. VI Der schildförmig gewordene, im Samen verbleibende Theil des Samenlappens (*ct*) der vorigen Figuren freigelegt; *x* die Basis des stielförmigen Theiles von oben gesehen.

sehr bald als wahre Blätter. Bei der jungen Buche, dic nur wenig Blätter bringt, bleiben die grofsen Samenlappen bis zum Herbste, und sind zur Ernährung des Bäumchens nothwendig. Bei der Birke und Erle dagegen, welche sich schon im ersten Jahre ziemlich stark belauben, sind die kleinen Samenlappen bald entbehrlich, und vertrocknen frühzeitig. — Die dicken, mit Nahrungsstoffen reichlich erfüllten, Samenlappen der Eiche, der Kastanie und Wallnufs ersetzen gewissermafsen das fehlende Samen-Eiweifs, sie bleiben immer im Boden, wachsen nicht weiter, werden dagegen durch die Keimpflanze selbst ihres Inhalts beraubt und vermodern zuletzt in der Erde. — Der Samenlappen der Palmen und der Getreidekörner dient endlich nur zur Aufsaugung des Samen-Eiweifses, er bleibt, gleich den Samenlappen der Eichel, innerhalb der Samenschale; er wächst aber, ja er vergröfsert sich in demselben Mafse, als das Samen-Eiweifs, durch ihn aufgezehrt, verschwindet. Den Samenlappen der Eiche, Kastanie u. s. w., desgleichen der Palme fehlen die Spaltöffnungen, und sie bedürfen auch derselben nicht, da sie niemals an die Luft treten und niemals als ein wahres Blatt atmosphärische Nahrung aufnehmen. Der Samenlappen der Palmen und der Gräser stirbt, sobald das Samen-Eiweifs verzehrt und sein Geschäft beendigt ist.

Die Bestimmung der Samenlappen ist demnach in allen Fällen zunächst auf die Zuführung kohlenstoffreicher Nahrung für das Keimpflänzchen gerichtet. Der Gehalt an stickstoffhaltiger Substanz scheint dagegen im Samenlappen zur Ernährung der Keimpflanze nicht ausreichend, die letztere mufs sich denselben, mit anderen chemischen Stoffen, zunächst aus dem Boden entnehmen. In allen Fällen tritt die Wurzel zuerst aus der Samenschale, in allen Fällen entwickelt sie sich anfangs kräftiger, als der Stammtrieb. Hebt man eine keimende Eichel aus der Erde und bringt sie in feuchte Atmosphäre, so wächst die Wurzel noch vierzehn Tage munter fort, reichlich Seitenwurzeln entwickelnd, dann aber stirbt sie ab, obschon die Samenlappen noch von Stärkmehl strotzen; der Mangel an Bodennahrung, und zwar zunächst der stickstoffhaltigen Verbindungen, welche die Pflanze dem Boden verdankt, mufs hier als Ursache ihres Todes betrachtet werden. Wenn dagegen die eben aufgehende Buche, durch Nachtfrost ihre Samenlappen verliert, so stirbt dieselbe unfehlbar, obschon die Wurzel von der Kälte nicht gelitten hat; wenn nur ein Samenlappen fehlt, so stirbt sie nicht, bleibt aber anfangs krüppelig.

Bei sehr nahe verwandten Pflanzen sehen wir im Verhalten der Samenlappen wesentliche Verschiedenheiten. Die Buche bringt ihre Samenlappen über die Erde, während die Kastanie und die Eiche dieselben im Boden begraben. Alle Nadelhölzer schicken ihre Keimblätter, wenn das Sameneiweifs verzehrt ist, an das Licht, nur Araucaria und die Cycadeen behalten sie für immer im Boden. Die Erbse folgt dem Beispiel der Eiche, während die Bohne und die Lupinusarten ihre Keimblätter über der Erde entfalten. Jede Pflanzenart zeigt demnach schon von Anfang an ihre Eigenthümlichkeiten.

Man hat früher als Charakter der Wurzel, das Bestreben derselben nach abwärts zu wachsen, bezeichnet. Dafs diese Ansicht nicht begründet ist, beweist indefs jegliche Seiten- oder Zweigwurzel, die in der Regel eine wagerechte Richtung annimmt; ferner beweisen dasselbe die Zweige der Hänge-Esche und des Hänge-Ilex, die gleichfalls nach abwärts wachsen, noch mehr aber die Fruchtstiele der Erdmandel (Arachis hypogaea), welche, nach dem Verblühen, senkrecht in die Erde wachsen, so dafs die Frucht im Boden ihre Samen reift. Aber dennoch ist an der Sache etwas Wahres, indem die Hauptwurzel des dicotyledonen Keimlings immer nach abwärts strebt, während sich der Stammtrieb immer nach aufwärts richtet, wofür die Eiche herrliche Beweise liefert. Je nach der Lage der Eichel im Boden dreht sich nämlich sowohl die Wurzel-Anlage als der Stammtrieb. Wenn die Eichel mit ihrem stumpfen Ende nach abwärts im Boden liegt, erfolgt die stärkste Drehung, indem sowohl die junge Wurzel als auch der junge Stammtrieb sich vollständig umwenden müssen, was noch im fünften oder sechsten Lebensjahre des Bäumchens zu erkennen ist (Fig. 55 *B*). Bei allen Samen, welche ihre Samenlappen über die Erde bringen, dreht sich die Wurzel-Anlage bei ungünstiger Lage des Samens gleichfalls (Fig. 56).

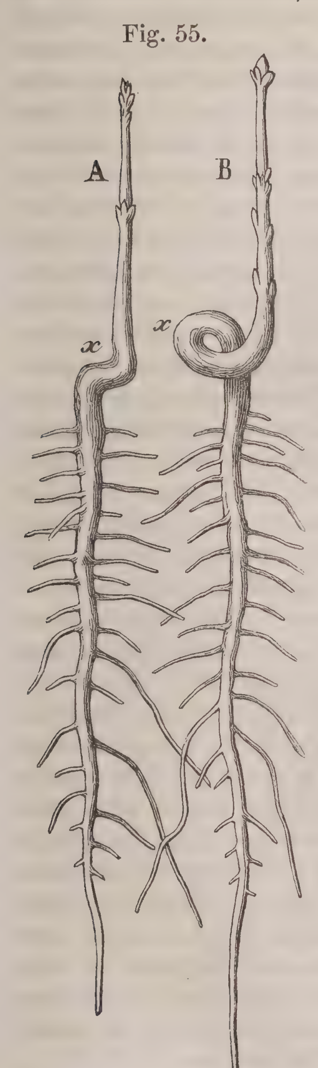


Fig. 56.

A B

s s

+ +

Das Abkneipen der Wurzelspitze nach dem Hervortreten der ersten Wurzel ist für Eichen-Anpflanzungen hier und da empfohlen worden. Nun bilden sich bei solchem Verfahren in der Regel zwei oder drei Seitenwurzeln stärker aus, als es sonst geschehen würde, und man wähnte

Fig. 55. Zweijährige Keimpflanzen der Eiche. Bei *A* lag die Achse des Embryo bei der Keimung wagerecht, bei *B* war das Stammende nach unten und das Wurzelende des Embryo nach oben gerichtet; *x* die Grenze zwischen Stamm und Wurzel.

Fig. 56. Keimender Same von Picea vulgaris. *A* Bei richtiger Lage des Samens (*s*). *B* Dagegen bei verkehrter Lage des Samens, so dafs eine Umdrehung der Wurzel, welche anfänglich oben hervortrat, erfolgen mufste. + Die Grenze zwischen Stamm und Wurzel.

deshalb der jungen Pflanze mehr Bodennahrung zuzuführen. Allein meine Beobachtungen sind dieser Ansicht nicht günstig; die zwei oder drei nach dem Abkneipen der Pfahlwurzel entstandenen, schwächeren, Seitenwurzeln überwiegen nämlich in keinem Falle die einzige, viel kräftigere, Hauptwurzel der unbeschädigten Pflanze, welche durch ihre zahlreichen Seitenwurzeln sehr wohl den jungen Baum ernähren konnte. Die Natur weiſs am besten, was ihren Kindern nützt, und wo es darauf ankommt, gesunde, kräftige Bäume heranzuziehen, muſs man derselben niemals in die Zügel greifen. — Unsere Culturpflanzen kränkeln nur zu oft, weil wir ihre normale Lebensweise entweder absichtlich oder durch Unkenntniſs mehr oder weniger beschränken und verändern, um sie für unsere Zwecke brauchbarer zu machen. Um viel Blüthen und Früchte zu gewinnen, rauben wir dem Baum die jungen Zweige, welche seinen Saft verzehren würden; wünschen wir einen langen Stamm, so entfernen wir gleichfalls die Mehrzahl der Zweige, so daſs die ganze Kraft des Baumes sich auf den Haupttrieb wirft; verlangen wir endlich viel Zweige oder eine mächtige Krone, so beseitigen wir den letzteren. Alle diese Verhältnisse sind nicht normal, und sie wirken verändernd auf das ganze Leben des Baumes, sowie jeglicher Pflanze. Vom Waldbaume verlangt man bisweilen lange, gerade Stämme, und diese, sowie ein festeres Holz, jedoch mit schmäleren Jahresringen, erhält man durch das Erziehen im geschlossenen Bestande. — Der Bäume Eigenthümlichkeiten aber muſs man in der Natur studiren. Um schöne, dem Staate vortheilhafte Waldungen heranzubilden, verlangt jede Baumesart ein ihrem Leben angemessenes Verhältniſs.

Die jungen Tannen und die jungen Fichten lieben einen schattigen Stand, man erzieht sie am besten im Tannen- oder Fichtenwalde selbst. Die Buche und die Eiche verlangen dagegen in den ersten Lebensjahren eine leichtere Stellung, und gedeihen im Schatten minder gut. Jeder Baum, und jede Pflanze überhaupt hat schon von seinem Entstehen an seine Eigenthümlichkeiten, ja ich möchte fast sagen, jedes Pflanzen-Individuum ist nicht dem anderen durchaus gleich. Auf demselben Pflanzbeete findet man z. B. neben einander junge Bäume, welche in dem Grade ihrer Entwickelung wesentlich verschieden sind. Das eine Bäumchen ist kräftiger, als das andere, das eine macht einen zweiten Trieb, das andere nicht. Wie ein Thier nicht durchaus dem anderen gleicht, so verhält sich auch die eine Pflanze nicht absolut wie die andere.

Die Keimung der Monocotyledonen unterscheidet sich, auſser dem einzigen Samenlappen, noch durch die Bildung der ersten Wurzel von den Dicotyledonen. Bei den letzteren wird nämlich das Wurzelende des Keimes (die Radicula) selbst zur ersten Wurzel (vgl. Fig. 11. S. 17). Alle Dicotyledonen keimen mit einer wahren Pfahlwurzel, die eine Verlängerung des Wurzelendes darstellt. Die Pfahlwurzel stirbt jedoch bei einigen Pflanzen frühzeitig ab, und Neben- oder Seitenwurzeln ersetzen dieselbe. Die Anlage der ersten Wurzel liegt dagegen bei den Monocotyledo-

nen innerhalb des Keimes, und sie durchbricht das Gewebe des letzteren, in ähnlicher Weise wie jede Neben- oder Seitenwurzel das Gewebe der Rinde durchbohrt. Auch die Palme keimt deshalb mit keiner wahren Pfahlwurzel (vgl. Fig. 53. S. 58). Typha dagegen bildet die einzige, mir bekannte Ausnahme, sie keimt mit einer ächten Pfahlwurzel, welche die directe Verlängerung der Radicula darstellt und in welche das centrale Gefäſsbündel des Samenlappens direct hinübertritt. Die Gräser keimen zum Theil mit mehreren Nebenwurzeln.

Bei den höheren Kryptogamen kann man ebenfalls von einer Keimung reden, obschon der eigentliche Keim, d. h. die junge, auf geschlechtlichem Wege erzeugte, Pflanze, sich erst während der Keimung entwickelt. Aus der Spore (dem Samen) der Farrnkräuter, die uns hier, da sie zum Theil baumartig werden, am meisten interessiren, bildet sich anfänglich eine grüne Zellenfläche (Fig. 57), der Vorkeim, und auf demselben erscheinen zweierlei Organe, die Antheridie (Fig. 58*x*), in der die Schwärmfäden (vgl. S. 35) entstehen, und das Keimorgan (Fig. 58*y*), in

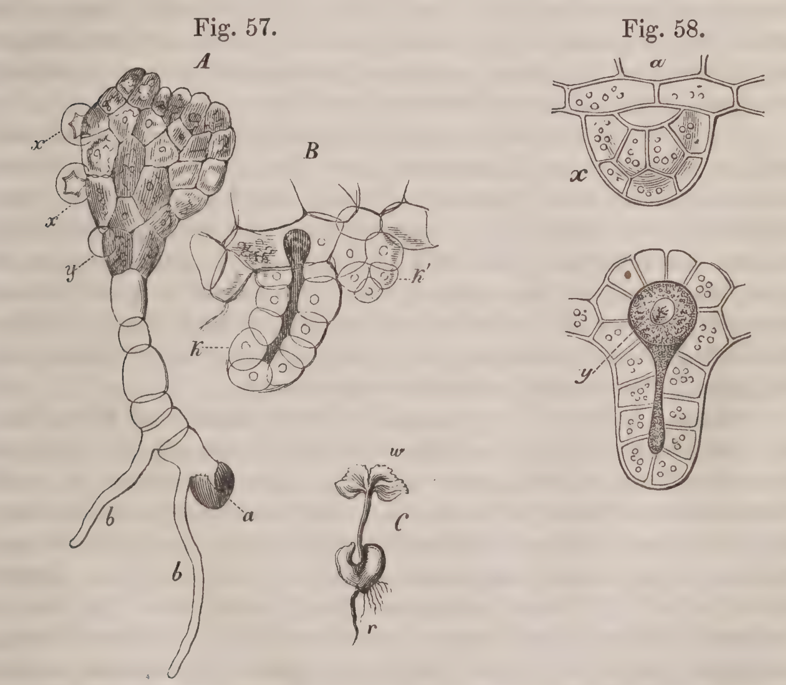


Fig. 57. Keimung eines Farrnkrautes (Pteris serrulata). *A* Der Vorkeim, welcher aus der Spore (*a*) hervorgegangen ist; *b* Wurzelhaare; *x* u. *y* Antheridien (80mal vergr.). *B* Theil eines Längsschnittes durch einen weiter entwickelten Vorkeim; *k* ein Keimorgan, dessen Halstheil sich noch nicht geöffnet hat; *k'* ein ganz junges Keimorgan (200mal vergröſsert). *C* Die junge Pflanze mit ihrem Vorkeim in natürlicher Gröſse. *w* Der erste Wedel, oder das erste Blatt; *r* die erste Wurzel.

Fig. 58. Pteris serrulata. *x* Die Antheridie. *y* Das noch an seiner Spitze geschlossene Keimorgan mit der Befruchtungskugel (300mal vergröſsert).

welchem sich nach der Befruchtung aus einer freien, dort vorhandenen Zelle, dem Keimbläschen, durch Zellentheilung ein rundes Körperchen entwickelt, welches ich als Keim bezeichnen möchte. Das letztere bildet darauf nach der einen Seite hin den Vegetationskegel der Stammknospe, und nach der anderen die Anlage zur ersten Wurzel. Unter dem Vegetationskegel der Stammknospe entsteht das erste Blatt, die Anlage der Wurzel aber wächst zur ersten Wurzel aus. Beide durchbrechen das Keimorgan, das Blatt erhebt sich nach oben, und die Wurzel dringt in die Erde; sie ist, allen wahren Wurzeln entsprechend, mit einer Wurzelhaube bekleidet. Die Keimpflanze bildet später nach einander neue Blätter und neue Wurzeln. Der Vorkeim aber, der im Anfang für die Nahrung der jungen Pflanze sorgte und durch seine grüne, blattartige obere Fläche dem Keim atmosphärische Nahrung lieferte, während die zahlreichen Wurzelhaare seiner Unterseite für Bodennahrung sorgten, stirbt, sobald sich die Keimpflanze bewurzelt und eigene Blätter gebildet hat, und vertrocknet. Das Keimorgan sowohl, als die Antheridien bilden sich an der Unterseite des Vorkeims. Das erstere ist der weibliche, die Artheridie dagegen der männliche Apparat. Der Vorkeim dient hier, gleich dem Samenlappen der phanerogamen Gewächse, zur ersten Ernährung des Keimes, er vergeht, wie dieser, sobald die junge Pflanze seiner nicht mehr bedarf.

Auch die Spore des Schachtelhalmes (Equisetum) keimt nach den Untersuchungen von Hofmeister [1]) und Milde [2]) in ähnlicher Weise, und die Lycopodiaceen und Rhizocarpeen bilden ebenfalls, nach Hofmeister und Mettenius [3]), einen Vorkeim, und auf demselben Keimorgane; dieser Vorkeim aber wird nicht blattartig, bleibt vielmehr als grüne Kappe auf der Spore sitzen. Die Chara (das Armleuchterkraut unserer Sümpfe) endlich bedarf keines Vorkeims, da ihr Keimorgan, bisher fälschlich als Spore bezeichnet, an der entwickelten Pflanze entsteht, und das junge Pflänzchen später aus ihm hervorwächst.

Bei den niederen Kryptogamen, denen Stamm und Wurzel fehlen, den Pilzen, Flechten und Algen, entwickelt sich aus der Spore ein Zellenfaden, welcher allmälig durch fortgesetzte Zellenvermehrung ein neues Pflänzchen heranbildet. Selbst die Laub- und Lebermoose, die allerdings mit Stamm und Blättern versehen sind, denen aber eine wahre Wurzel mangelt, besitzen keinen eigentlichen Vorkeim. Aus ihrer Spore entsteht ein zelliges, oft (bei vielen Laubmoosen) confervenartiges Gebilde, das an bestimmten Stellen Knospen treibt, aus denen sich die kleinen Stämme entwickeln. Dieser sogenannte Vorkeim der Laub- und Lebermoose trägt aber niemals Antheridien und Keimorgane; erst die entwickelte Pflanze bildet die Geschlechts-Apparate. Im weiblichen Organe (Pistill) entsteht

---

[1]) W. Hofmeister, Keimung der höheren Kryptogamen. Leipzig 1851.

[2]) Milde, Acta academiae Leopold. Carol. Vol. XXIII. P. II.

[3]) Mettenius, Beiträge zur Botanik. Heidelberg 1850.

keine junge Pflanze, in ihm entwickelt sich vielmehr nach der Befruchtung die Frucht sammt ihrem Stiele, der bei den Laubmoosen noch im jungen Zustande emporwächst, und das vertrocknete weibliche Organ als Mütze über seiner jungen Frucht mit in die Höhe hebt, bei den Lebermoosen dagegen erst plötzlich zur Zeit der Fruchtreife emporsteigt und dann das weibliche Organ an seiner Spitze durchbricht, welches Verhalten den Hauptunterschied zwischen Laub- und Lebermoosen abgiebt. Nach der Pflanzenart finden sich entweder beide Organe auf derselben Pflanze oder auf getrennten Stämmen. Wenn bei Laub- und Lebermoosen die Antheridie fehlt, entwickelt sich im Pistille keine Frucht; dasselbe gilt für die Farrnkräuter und alle Kryptogamen, deren Geschlechtsorgane bekannt sind; das weibliche Organ öffnet sich zur Zeit der Befruchtung, und das männliche entläfst seine Schwärmfäden, die in das erstere eindringen und das Keimbläschen befruchten. Tausende von Schwärmfäden kommen oftmals auf ein Pistill eines Mooses oder auf ein Keimorgan eines Farrnkrautes; zahllose Pollenkörner sind gleichfalls bei den Phanerogamen zur Befruchtung für eine einzige Samenknospe (z. B. beim Buchweizen und bei Taxus) gebildet. Je gröfser in der Natur die Schwierigkeit zur Erreichung eines bestimmten Zieles, um so höher erscheint die Zahl der Wesen, durch welche dieses Ziel erreicht werden mufs.

Die Keimung einer jeden Pflanze zeigt, wie wir gesehen, neben durchgreifenden allgemeinen Gesetzen, bestimmte Eigenthümlichkeiten. Aus der Spore eines Pilzes wird immer nur ein Pilz derselben Art entstehen und aus dem Samen einer phanerogamen Pflanze jederzeit nur ein bestimmtes, seinen Eltern ähnliches, Gewächs hervorgehen; wir müssen demnach für jede Pflanzenart aufser den allgemein gültigen noch besondere Bildungsgesetze annehmen; woraus dieselben entspringen, ist freilich eine zur Zeit nicht zu lösende Frage. Die chemische Beschaffenheit des Zellinhaltes und die physikalischen Verhältnisse der Zellwand, desgleichen die Anordnung bestimmter Zellen selbst, bedingen gewifs zum grofsen Theil die Eigenthümlichkeiten einer jeden keimenden Pflanze. Der Keim einer Pflanze ist, wie wir gesehen, innerhalb gewisser Grenzen anders gebaut als der Keim einer anderen; die chemischen Bestandtheile des Zellinhaltes sowie der Zellmembran, sind ebenfalls nach der Pflanzenart wesentlich verschieden. Die Stammknospe (Plumula) der einen Pflanze besteht nur aus einem Vegetationskegel (bei der Eiche, Buche, Birke, Erle u. s. w.), während die Stammknospe anderer Pflanzen bereits Blätter besitzt (bei den Gräsern, den Palmen, bei der Haselnufs u. s. w.); die Stammknospe der Wallnufs hat endlich schon vor der Keimung einen ziemlich langen Stammtrieb mit zwei gegenständigen Reihen von Axillarknospen gebildet, den Vegetationskegel der Knospe aber umgeben gefingerte Blätter als Anlage der ersten zusammengesetzten (gefiederten) Blätter dieses Baumes.

Die Verrichtung der Samenlappen ist, wie wir weiter gesehen, bei verschiedenen Pflanzen wesentlich verschieden. Der Keim der einen Pflanze

besitzt einen Verdickungsring mit Cambiumbündel ohne Gefäſse (bei den Nadelhölzern, bei der Buche, Erle und Birke); der Keim der anderen hat dagegen im Verdickungsringe und in den Cambiumbündeln der Samenlappen bereits Gefäſse entwickelt (bei der Eiche, der Kastanie, der Wallnuſs, der Zamia (Fig. 59), der Mistel und den Loranthus-Arten). — Jede Pflanze führt von ihrem Entstehen an ihr eigenes Leben.

Fig. 59.

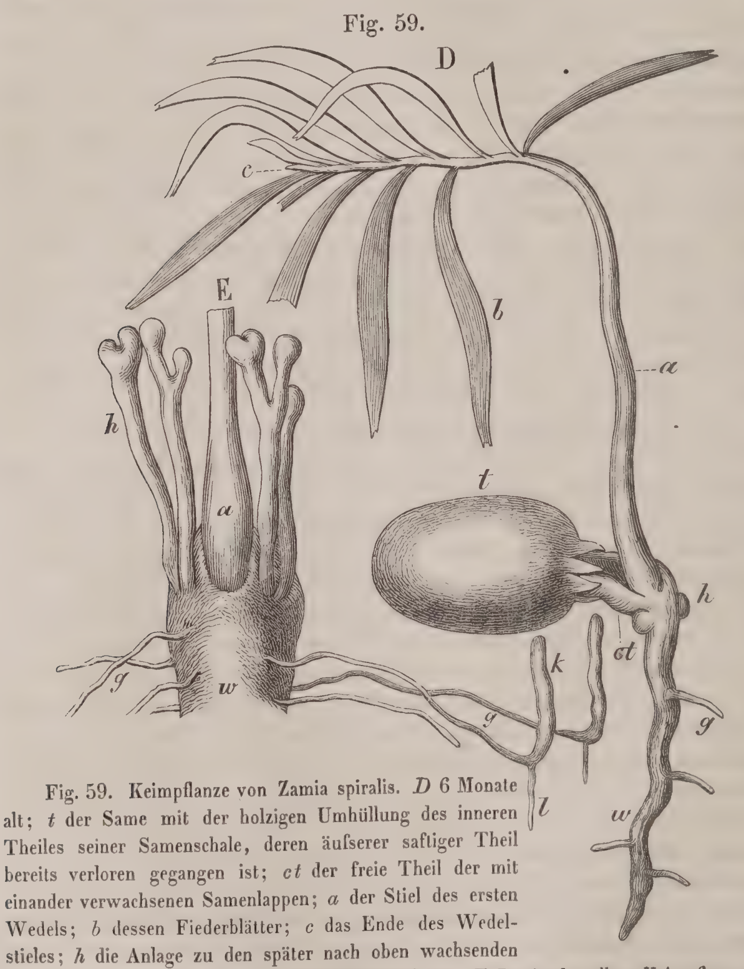


Fig. 59. Keimpflanze von Zamia spiralis. *D* 6 Monate alt; *t* der Same mit der holzigen Umhüllung des inneren Theiles seiner Samenschale, deren äuſserer saftiger Theil bereits verloren gegangen ist; *ct* der freie Theil der mit einander verwachsenen Samenlappen; *a* der Stiel des ersten Wedels; *b* dessen Fiederblätter; *c* das Ende des Wedelstieles; *h* die Anlage zu den später nach oben wachsenden Luftwurzeln; *g* Seitenwurzeln der Pfahlwurzel *w*. *E* Partie derselben Keimpflanze, ein Jahr später; *a* der Wedelstiel; *h* die aufwärts wachsenden Luftwurzeln; *g* Seitenwurzeln der Pfahlwurzel (*w*), welche zum Theil wieder einen nach oben wachsenden Theil (*k*) entsenden, während ein anderer *l* nach abwärts steigt. (Man vergl. Fig. 48. S. 53).

III.

Die Stammknospe und die Wurzelknospe.

Die Knospe oder das Auge der Pflanzen ist Jedermann bekannt. Wenn wir aufmerksam den Baum betrachten, finden wir diese Augen sowohl am Ende des Zweiges, als in der Achsel der meisten Blätter. Die Knospen fallen nicht ab, wenn der Baum im Herbst seine Blätter verliert, sie schwellen vielmehr im Frühling an, und aus ihnen tritt der neue Trieb, aus ihnen treten die Blüthen hervor. Aehnliche Knospen durchbrechen, wo keine Blätter sitzen, die Rinde des Baumes.

Die hier beschriebenen Knospen entwickeln einen jungen Stammtrieb, der entweder den Hauptstamm oder die Zweige verlängert, oder einen neuen Zweig erzeugt oder endlich gar eine Blüthe entwickelt. Diese Art der Knospen, welche man bisher allein als solche bezeichnete, nenne ich Stammknospen; aus ihnen entsteht direct niemals eine Wurzel.

Viele Gräser, Palmen und andere monocotyledone Gewächse entsenden aus den Anschwellungen ihres Stengels, aus den sogenannten Knoten, Nebenwurzeln. Beachtet man deren Erscheinen, so sieht man zuerst äufserlich eine kleine runde Erhöhung und bald darauf ein kleines kegelförmiges Körperchen die Rinde durchbrechen, das, allgemach sich verlängernd, zur Wurzel wird. Gräbt man die Wurzel irgend eines Baumes, z. B. der Tanne oder der Erle, vorsichtig aus dem Boden, so sieht man an den kräftig vegetirenden Wurzeln überall in gleicher Weise Seitenwurzeln hervorsprossen. Diese Anlage zur neuen Wurzel nenne ich Wurzelknospe; aus ihr kann unmittelbar niemals ein Stamm, niemals eine Blüthe werden; die Wurzelknospe kann aus sich nur eine Wurzel bilden.

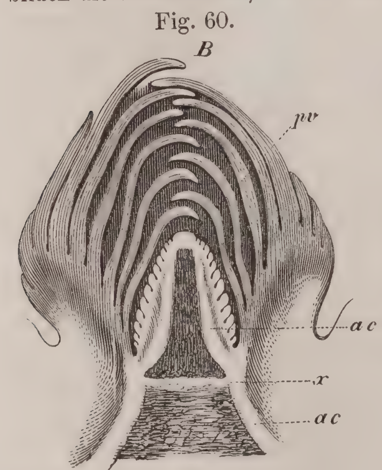
Wir haben im vorigen Abschnitt schon am Keime selbst den Gegensatz der Stammknospe und der Wurzelknospe kennen gelernt. Aus der ersteren (der Plumula) entwickelt sich der Stamm, und aus der letzteren (der Radicula der Dicotyledonen) entsteht die erste Wurzel.

Die Stammknospe trägt in allen Fällen, sowohl am Keim, als auch an der entwickelten Pflanze, ihr jüngstes fortbildungsfähiges Zellgewebe

unmittelbar an ihrer Spitze. Die letztere endigt mit einem kegelförmigen Körperchen, dem Vegetationskegel*), welcher der wesentlichste Theil der Stammknospe ist und unter dem sich die Blätter bilden. Zum Begriff der Stammknospe in meinem Sinne gehört deshalb zunächst der freie, d. h. von keiner Wurzelhaube bedeckte, Vegetationskegel. Das Federchen (die Plumula) am Keim der Nadelhölzer, der Eiche, der Buche u. s. w., nur aus dem Vegetationskegel bestehend, ist so gut eine Stammknospe als das Federchen der Wallnuſs, der Palme und des Getreides, deren Vegetationskegel bereits von mehreren Blattanlagen umgeben ist. Wenn auſserdem in der Achsel eines Blattes oder an irgend einer anderen Stelle der Pflanze eine neue Stammknospe entsteht, so ist der Vegetationskegel immer der Anfang derselben, und entstehen die Blätter, welche ihn später umgeben, erst aus und durch denselben.

Die Wurzelknospe oder die Anlage zur Wurzel trägt dagegen niemals ihr jüngstes fortbildungsfähiges Gewebe unmittelbar an ihrer Spitze, ihr Vegetationskegel liegt nicht frei, er ist von einer zelligen Hülle, der Wurzelhaube bedeckt (Fig. 11. S. 17). Schon das Würzelchen des Keimes der Dicotyledonen, eine wahre Wurzelknospe, ist von älteren Zellenschichten (x), welche den jüngsten fortbildungsfähigen Theil der Wurzelspitze, den Vegetationskegel derselben, schützen, umgeben. Diese Zellenschichten aber sterben von Auſsen her ab und werden von Innen her durch neue Schichten ersetzt, sie bilden die Wurzelhaube, die bei den Nadelhölzern besonders stark entwickelt ist und das eigentliche Kennzeichen aller Wurzeln abgiebt. Wo sich eine Wurzelknospe bildet, gleichgültig ob sie als Haupt-, Neben- oder Zweigwurzel auftritt, zeigt sich alsbald ihr Wachsthumsunterschied; die Anlage zur Wurzelhaube differencirt sich schon in den ersten Entwickelungsmomenten der Wurzelanlage.

Fig. 60.



Jede Stammknospe und jede Wurzelknospe zeigt, sobald ihre Entwickelung etwas weiter gediehen ist, einen Verdickungsring, der Mark und Rinde scheidet und sich in das jüngste fortbildungsfähige Gewebe der Knospe, demnach bei der Stammknospe (Fig. 60) in den

Fig. 60. Längsschnitt durch die Hauptknospe eines Tannenzweiges am 26. August. Unter dem Schutz der Deckschuppen hat sich die Anlage zum Trieb des kommenden Jahres gebildet. — *ac* Der Verdickungsring; x die Zellengrenze zwischen dem vorjährigen und dem diesjährigen Triebe; *pv* der Vegetationskegel des neuen Triebes (12 mal vergr.).

*) Ich gebe der Bezeichnung Vegetationskegel, weil sie gestaltlich besser paſst, den Vorzug vor der älteren Benennung Vegetationspunkt.

freien Vegetationskegel, bei der Wurzelknospe aber in das unter der Wurzelhaube gelegene jugendliche Gewebe, in den bedeckten Vegetationskegel, verliert. Bei einer Seitenknospe, d. h. bei einer Knospe, die einen Zweig oder eine Seitenwurzel bildet, steht der Verdickungsring der Knospe jederzeit mit dem Verdickungsring des Mutterstammes oder der Mutterwurzel in unmittelbarer Verbindung; vom Verdickungsring der letzteren ausgehend, entwickeln sich die Gefäſsbündel in den Verdickungsring der Knospe. Es ist demnach grundfalsch, irgend eine Art der Knospe, sei es Stamm- oder Wurzelknospe, als ein neues, aus sich entstandenes Gebilde zu betrachten. Die erste Anlage zu einer neuen Knospe entspringt vielmehr immer am Verdickungsring oder in einem fortbildungsfähigen Gewebe der Pflanze, welches Gefäſsbündel enthält. Nur bei einigen Begonia-Arten ist die Bildung von Stammknospen unabhängig vom Gefäſsbündel beobachtet worden. Die Gefäſsbündel der Knospe sind somit gewissermaſsen Verlängerungen der Gefäſsbündel des Pflanzentheiles, aus welchem die Knospe hervorging; niemals aber wächst aus der letzteren ein Gefäſsbündel herab zum Stamm oder zur Wurzel. Die Ansicht älterer Naturforscher (du Petit Thouars), nach welcher die Knospe ihre Wurzeln in den Stamm hinabsendet, hat deshalb keine Bedeutung.

Ob die Knospe ein Individuum oder ein Theil der Pflanze ist, kann nur entschieden werden, wenn man sich über das, was man Individuum nennen will, überhaupt verständigt hat. Individuum oder Einzelwesen aber ist nach Schleiden*), dem ich hier vollständig beitrete, „kein eigentlicher Begriff, sondern die rein anschauliche Auffassung irgend eines wirklichen Gegenstandes unter einem gegebenen Artbegriff; von diesem letzteren hängt es allein ab, ob etwas ein Individuum ist oder nicht.“ Wenden wir diese Auslegung des Wortes Individuum auf unseren Fall an, so ist die Knospe, als Knospe betrachtet, ein Individuum, mit der Pflanze in Verbindung gedacht dagegen ein Theil der letzteren; ebenso ist die Zelle, als Zelle betrachtet, ein Individuum, dagegen als Theil einer Pflanze gedacht, kein Einzelwesen.

Beschäftigen wir uns jetzt zuerst mit der Stammknospe, deren anatomische Unterschiede von der Wurzelknospe wir bereits kennen gelernt haben. Es giebt drei Arten derselben:

1. Die Haupt- oder Endknospe eines Stammtheiles (die Terminalknospe), durch welche sich der Stamm oder Zweig verlängert.
2. Die Achselknospe eines Stammtheiles (Axillarknospe), die in der Achsel eines jungen Blattes entsteht und einen neuen Zweig bildet.
3. Die Nebenknospe (Adventivknospe), welche überall entstehen kann, wo ein fortbildungsfähiges Gewebe und Gefäſsbündel vorhanden sind. Nebenknospen können sich sowohl am Stamm als

*) Schleiden, Grundzüge. 2. Aufl. Bd. II. S. 4.

an der Wurzel und am Blatte bilden; aus ihnen kann ein neuer Zweig und im letzten Falle eine neue Pflanze entstehen.

Stammknospen, welche, statt den Zweig zu verlängern oder einen neuen Zweig zu bilden, sich als Blüthen entwickeln, nennen wir Blüthenknospen. Sowohl eine Endknospe als auch eine Achselknospe kann zur Blüthe werden. In der letzteren aber entwickeln sich wiederum Knospen, die wir als Samenknospen bezeichnen, weil sie nach vollzogener Befruchtung die Samen bilden, welche den Keim umschliefsen.

Das Federchen (die Plumula) des Keimes ist die erste Endknospe der jungen Pflanze, aus ihr entwickelt sich der Stamm, indem sich die Knospe selbst, durch Bildung neuer Zellen und Verlängerung der entstandenen, erhebt und gleichzeitig unter ihrem Vegetationskegel Blätter entwickelt. Durch die Verlängerung der unter dem Vegetationskegel gelegenen Theile werden darauf die entstandenen Blätter, welche anfangs dicht über einander gebildet wurden, weiter von einander entfernt. Der Stammtheil aber, welcher zwei Blätter oder Blattkreise der Höhe nach von einander trennt, wird Stengelglied (Internodium) genannt.

Entweder wird der ganze Umkreis der Stammanlage unter dem Vegetationskegel zur Bildung eines einzigen Blattes verbraucht, oder es entstehen zwei oder mehrere Blätter auf gleicher Höhe. Werden die Theile des Stammumkreises, auf dem mehrere Blätter gleichzeitig mit einander entstanden sind, in gleichem Grade der Höhe nach ausgebildet, so stehen dieselben auch später am Stamm auf gleicher Höhe und wir erhalten gegenständige Blätter (Folia opposita), z. B. bei der Rofskastanie, beim spanischen Flieder (Syringa vulgaris), wo immer zwei Blätter einander gegenüberstehen; oder bei dem Waldmeister (Asperula odorata) und vielen anderen Rubiaceen, wo ein ganzer Quirl von Blättern, ein Blattkreis, auf gleicher Höhe des Stengels erscheint (für die Blattkreise der meisten Blüthen gilt dasselbe). Werden dagegen die Blätter einzeln angelegt oder erfolgt bei, der Anlage nach, gegenständigen Blättern später eine ungleiche Verlängerung des Stengelgliedes, so stehen die einzelnen Blätter am Zweige auf ungleicher Höhe und kann man alsdann entweder eine spiralförmige oder eine unregelmäfsige Stellung derselben wahrnehmen.

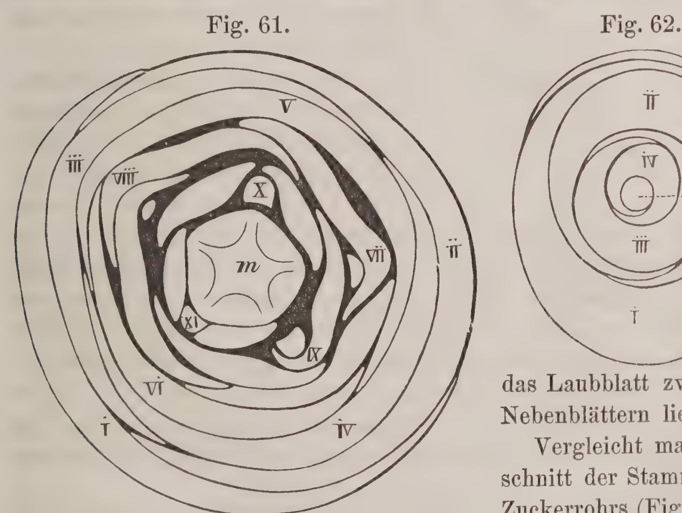
Nicht immer sind die Blätter, welche unter dem Vegetationskegel der Stammknospe auf gleicher Höhe entspringen, von gleichem Werthe, häufig wird nur ein Blatt vollständig ausgebildet, während zu jeder Seite desselben ein anderes, mehr oder weniger schuppenartig, verbleibt und als Nebenblatt (Stipula) auftritt. Bei den Nadelhölzern dagegen werden alle Blattanlagen, die auf gleicher Höhe entstanden sind, auch gleichmäfsig ausgebildet; ein Blattkreis entwickelt hier entweder Nadeln oder Deckschuppen. Bei den meisten Laubhölzern ist es anders. Die Buche, die Eiche, die Birke, die Erle u. s. w. sind zu jeder Seite ihres eigentlichen Blattes mit einem Nebenblatt versehen, das bei der Eiche und Birke frühzeitig abfällt, bei der Buche aber als braune häutige Schuppe neben dem

Blattstiel herunterhängt. Die Nebenblätter, welche bald abfallen, enthalten in der Regel keine Gefäſsbündel, sie schützen zunächst das Laubblatt im Knospenzustande; diejenigen dagegen, welche längere Zeit grün bleiben, z. B. bei der der Erle, sind mit Gefäſsbündeln versehen.

Die Stellung der Blätter in der Knospe, über welche Querschnitte durch letztere die beste Auskunft geben, bedingt zum gröſsten Theil die nachherige Stellung der Blätter am Stamm oder Zweige. Abweichungen von der ursprünglichen Blattstellung aber können durch dreierlei Ursachen veranlaſst werden: 1. durch ein Verkümmern einzelner in der Knospe angelegter Blätter, 2. durch eine nicht selten vorkommende Drehung des sich ausbildenden Stammtheiles und 3. durch eine ungleichseitige Ausbildung des Stammtheiles, welcher die Blattanlagen trägt. Wenn genannte Störungen nicht vorkommen, so muſs die spätere Stellung der Blätter am Stamm oder am Zweige genau der früheren Lage der Blätter in der Knospe entsprechen.

Die Blätter des Haupttriebes stehen bei einigen Bäumen anders angeordnet als am Seitenzweige; bei der ächten Kastanie steht z. B. an den Haupttrieben das sechste Blatt über dem ersten[1]), während an den Zweigen zwei Blätter mit einander abwechseln[2]). In der Knospe des Hauptriebes erscheinen die Blattanlagen ähnlich als bei der Eiche angeordnet, indem auch hier

Fig. 61. Fig. 62.



das Laubblatt zwischen zwei Nebenblättern liegt (Fig. 61).

Vergleicht man den Querschnitt der Stammknospe des Zuckerrohrs (Fig. 62), wo die

Fig. 61. Querschnitt durch die Blattknospe von Quercus. I—VI Knospenschuppen; VII—XI Laubblätter mit zwei Nebenblättern. Das Stellungsgesetz, ein $\frac{2}{5}$ Spirale, bleibt bei beiden dasselbe. *m* Das Mark (30 mal vergröſsert).

Fig. 62. Querschnitt durch die Endknospe von Saccharum officinarum. I—IV Die dem Alter nach auf einander folgenden Blätter; *pv* der Vegetationskegel (10 mal vergr.).

1) $\frac{2}{5}$ Stellung nach Alexander Braun (siehe Abschn. V dieses Buches).

2) $\frac{1}{2}$ „ „ „ „

jüngsten Blätter den Stengel umfassen, wie dies bei der Mehrzahl der monocotyledonen Laubblätter der Fall ist, mit dem Querschnitt durch die Knospe der Mistel (Fig. 63), wo zwei Blätter auf einer Höhe entstehen, so sieht man, dafs in beiden Fällen die Nebenblätter fehlen. Es liegt nun die Frage sehr nahe: weshalb entstanden sie nicht? — Betrachtet man darauf den jungen Zweig der Mistel genauer, so ergiebt sich die Antwort von selbst: weil hier der ganze Umkreis des Stammes unter dem Vegetationskegel zur Bildung der beiden gegenständigen Blätter verbraucht wurde. Beim Zuckerrohr aber, wie überhaupt bei allen Pflanzen mit Blättern, deren Basis schon ursprünglich den Stengel umgiebt, können gleichfalls keine Nebenblätter auftreten, weil für deren Bildung kein Raum vorhanden ist.

Fig. 63.



Betrachten wir jetzt den Querschnitt der Endknospe des Zweiges einer Eiche (Fig. 60. S. 71), deren Mark, gleich dem des Stammes und der Zweige, fünfeckig ist, so sehen wir in beiden Fällen zu jeder Seite des Laubblattes ein Nebenblatt. Das Laubblatt und seine beiden Nebenblätter nehmen, wie derselbe Querschnitt zeigt, zu ihrer Bildung den gröfsten Theil des Stammumkreises unter dem Vegetationskegel der Knospe in Anspruch; es können deshalb in solchem Falle niemals zwei Laubblätter mit einander auf gleicher Höhe entstehen. Aus dem Querschnitt der Eichenknospe ergiebt sich zugleich die Ursache der $\frac{2}{5}$ Stellung ihrer Blätter. Die weniger regelmäfsige Knospenlage der Erle erklärt dagegen die eben so wenig ganz regelmäfsige Blattstellung

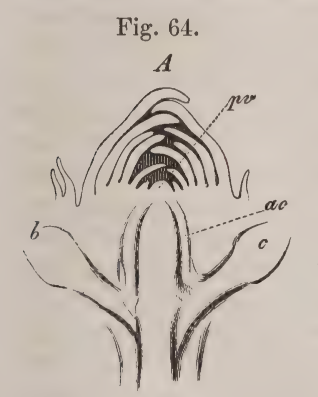
Fig. 63. Viscum album. *A* Querschnitt durch die Zweigspitze im Winter. *a* Die Basis der Endknospe, welche zur Blüthe wird und die zu jeder Seite eine Achselknospe besitzt, welche zwei Blattkreise (*b* u. *c*) gebildet hat; *b* u. *b* bleiben im Frühjahr als kleine Schuppen am Grunde des neuen Zweiges (*B*, *b*), *c* u. *c* dagegen erheben sich im kommenden Frühjahr von dem neu entstandenen Stengelgliede getragen (*B*, *c*) und werden grofse Laubblätter; *d* das vorjährige Laubblatt des Mistelzweiges *B*, dessen kleines schuppenförmiges Knospendeckblatt *e* am Grunde seines Stengelgliedes sitzt; *f* eine in der Achsel des Schuppenblättchens entstandene Knospe, die entweder zur Blüthe oder zum Zweig wird (*A* ist 40 mal vergröfsert).

dieses Baumes, dessen viertes Blatt nicht genau über demjenigen steht, von welchem die Zählung ausging.

Die Stammknospe (Plumula) der keimenden Buche entwickelt zuerst zwei mit einander auf gleicher Höhe entstandene, auch später gegenständig bleibende, Blätter, deren Nebenblätter fehlen oder nur kümmerlich angedeutet sind, weil hier der Stammumkreis zur Bildung der beiden Laubblätter verbraucht wird. Die darauf folgenden Blätter der Buche stehen dagegen einzeln und sind nach jeder Seite mit einem Nebenblatt versehen, wobei der ganze Stammumkreis zur Bildung eines Laubblattes und zweier Nebenblätter verwendet wird. Die Fliederarten mit gegenständigen Blättern verdienen gleichfalls Beachtung. Der gemeine Flieder (Sambucus nigra) zeigt häufig neben der Blattbasis kleine pfriemenförmige grüngefärbte Auswüchse, welche beim Traubenflieder (Sambucus racemosa) als zwei dickere, warzenförmige Erhebungen auftreten, und hier, ihrer Stellung nach, vielleicht als verkümmerte Nebenblätter zu deuten sind. In der Knospe des gemeinen Flieders zeigt sich denn auch, daſs nicht der ganze Stammumkreis zur Bildung der beiden gegenständigen Blätter verwerthet wird.

Wenn die Knospe nicht mehr fortwächst, d. h. wenn sich unter ihrem Vegetationskegel keine neue Blätter und keine neue Stengelglieder bilden, so schlieſst sich dieselbe, indem die zuletzt gebildeten Blattanlagen sich jetzt nicht mehr vollständig entwickeln, sondern schuppenartig verbleiben und zu Deckschuppen für den Winterzustand der Knospe werden. Auch die Stengelglieder dieser Deckschuppen verlängern sich nicht mehr, weshalb letztere in dichter Folge über einander liegen und eine schützende Hülle für den Vegetationskegel abgeben (Fig. 64).

Fig. 64.

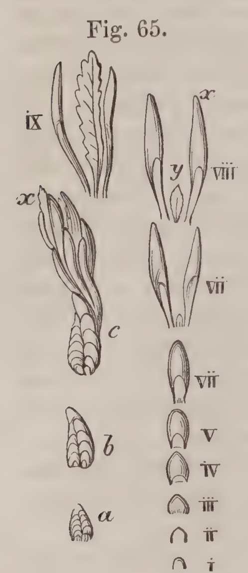


Nach der Art nun, wie die Knospe ihre Blätter bildet, schlieſst sie sich auch in verschiedener Weise. Wenn keine Nebenblätter vorhanden sind, so werden die angelegten Laubblätter selbst als Deckblätter ausgebildet, wie wir dies bei der Roſskastanie, desgleichen bei der Tanne und Fichte (Taf. I. Fig. 19 u. 38) sehen. Die Deckschuppen der Knospe unserer Roſskastanie so wie des spanischen Flieders (Syringa) stehen je zwei einander gegenüber, sie wechseln paarweise in ihrer Stellung mit einander, wie es den Laubblättern dieser Pflanzen eigen ist. Wenn nun die Roſskastanie im Sommer einen zweiten Trieb bildet, so hat man häufig Gelegenheit, den allmäligen Uebergang der Deckblätter in die Laubblätter zu verfolgen, indem die

Fig. 64. Längsdurchschnitt durch die Endknospe eines Tannenzweiges, am 27. Juli untersucht. *ac* der Verdickungsring des Zweiges; *b* u. *c* das Mark, den beiden Seitenknospen angehörig; *pv* der Vegetationskegel der geschlossenen Knospe (12 mal vergröſsert).

Fingerblätter der letzteren, zwar winzig klein, bisweilen schon am Deckblatt hervortreten. Auch die Esche zeigt nicht selten den directen Uebergang von der Deckschuppe zum Laubblatt. Bei der Eiche und Buche, wo Nebenblätter als braungefärbte Knospenschuppen auftreten, schliefst sich die Knospe zuerst mit einfachen Schuppen (Fig. 60. S. 71), welche den Werth eines Mittelblattes und zweier Nebenblätter besitzen und ganz allmälig in die ausgebildete Form der Blätter am Laubzweig übergehen, wobei das Mittelblatt anfänglich unentwickelt bleibt und erst in den späteren Reihen zum ausgebildeten Laubblatte wird (Fig. 65). Die männlichen Blüthenstände der Eiche und Buche entspringen in der Regel aus der Achsel eines noch unentwickelten Laubblattes.

Fig. 65.



Mehrere oder viele Deckschuppenkreise, die nach der Art des Baumes verschieden ausgebildet sind (Taf. III. Fig. 36), umgeben in der Regel die schlummernde Knospe. Bei der Buche sind ihre Zellen gröfstentheils verholzt, sie sterben in allen Fällen frühzeitig ab und schützen durch ihr lufterfülltes Gewebe, als schlechte Wärmeleiter, den lebendigen Theil der Knospe vor dem Frost des Winters. Unter ihrem Dache erfriert der junge Trieb nur selten; wenn er dagegen im Frühling die Deckschuppen seiner Knospe durchbrochen hat, so kann ein einziger Nachtfrost schon seinen Untergang bereiten.

Diejenigen Bäume der Tropen, welche ohne Unterbrechung Blätter bilden, schliefsen auch ihre Knospen niemals vollständig; andere tropische Bäume dagegen, z. B. der Baobab, und die Bombax-Arten, dem heifsen Theile Afrika's angehörig, welche auf Tenerife vom December bis Mai blattlos stehen, schliefsen ihre Knospen ganz wie unsere Bäume. Die Araucarien und Cupressus-Arten haben keine Knospenschuppen, ihre Knospe schliefst sich nicht, aber dennoch ruht ihre Vegetation, wie es scheint, periodisch. Der auf den Blumentischen unserer Damen so beliebte Gummibaum (Ficus elastica) entwickelt seine einzeln stehenden grofsen und glänzenden Blätter unter dem Schutze eines tutenförmigen Deckblattes. Bei Ficus australis dagegen sind zwei solcher Tuten vorhanden und selbige wechseln, stengelumfassend, mit einander. Der gemeine Feigenbaum (Ficus Carica) aber hat aufser dem tutenförmigen Deckblatt für jedes einzelne Laubblatt noch andere Knospenschuppen, mit welchen seine Knospe selbst abschliefst, da er gleich unseren Laubbäumen, selbst in der warmen Zone,

Fig. 65. Quercus pedunculata. *a* Eine Zweigknospe vor dem Anschwellen; *b* eine angeschwollene Knospe; *c* eine Knospe im Aufbrechen. I—IX Die Blätter wie sie bei *c* über einander stehend der Reihe nach sich folgen. I—VI Als einfache Knospenschuppen. VII—IX Als Nebenblätter *x*, zwischen welchen das Laubblatt (*y*) auftritt.

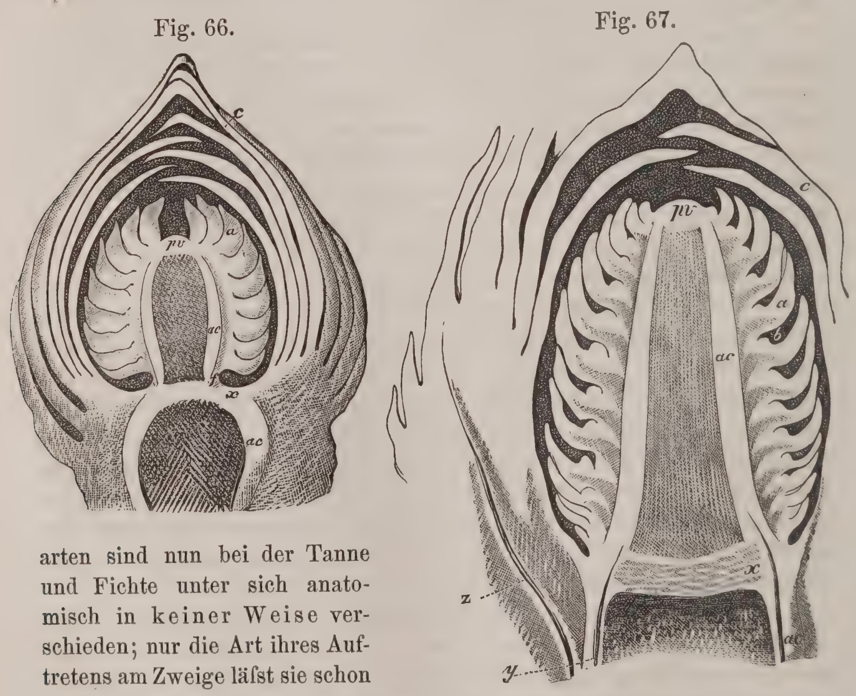
für den Winter blattlos steht. Unsere Birke hat nur einen Kreis ungetheilter Deckschuppen und bei Viburnum Lantana, mit gegenständigen Blättern, mangeln dieselben gänzlich; ein dichter Ueberzug sternförmiger Haare schützt hier das freiliegende Laubblatt. Die ungetheilten Deckschuppen der Eiche, Buche u. s. w. und die tutenförmigen Deckblätter der Feigen-Arten fallen ab, wenn sich der neue Trieb entwickelt, und ihre Blattnarben und verkürzten Stengelglieder bezeichnen später, wie die Schuppenansätze der Nadelhölzer, die Wachsthumsperioden der Zweige. Die Eiche, die Buche (Taf. III. Fig. 1 u. 20) und die Hainbuche zeigen die Narben mehrerer Deckschuppenkreise, bei der Birke erscheint nur die Narbe eines Kreises. Die Wachsthumsperioden des Erlenzweiges sind wieder nach den kürzeren Stengelgliedern, welche die zuerst ausgebildeten eines jeden Jahrestriebes sind, zu bestimmen und möchte dasselbe auch von den meisten Laubbäumen gelten.

Die Deckschuppen (Perulae) sind demnach ein sehr wesentliches Element der Knospe, sie bestimmen durch ihre Anordnung und Gestalt die Form der winterlichen Knospe, welche nach der Baumesart verschieden ist (Taf. I. Fig. 19 u. 38. Taf. II. Fig. 21 u. 23. Taf. III. Fig. 18, 34 u. 35. Taf. IV. Fig. 10, 23, 35, 54 u. 61).

Wenn sich im Sommer die Stammknospen, durch welche sich der Stamm oder Zweig bis dahin verlängerte, geschlossen haben, was nach der Art und nach dem üppigen Wuchs des Baumes sehr verschieden ist, bei vielen Waldbäumen aber gegen das Ende des Juni erfolgt, so bildet sich schon einige Wochen später unter dem Schutze der Deckschuppen, durch den Vegetationskegel der Knospe, die Anlage zum Trieb oder zur Blüthe des kommenden Jahres. Der Vegetationskegel der Knospe scheint demnach im Sommer nur für eine ganz kurze Zeit zu ruhen und doch zeigt sich, wahrscheinlich durch diese kurze Ruhe veranlafst, in seinem Markgewebe eine sehr wesentliche Veränderung. Es bildet sich nämlich unterhalb des Vegetationskegels eine Schicht dickwandiger saftführender Zellen, die mit der Markscheide in Verbindung steht, und über denselben beginnt dann der Vegetationskegel die Bildung des neuen Triebes (Fig. 60. S. 68). Diese sichere Beobachtung gilt für alle von mir untersuchten Waldbäume, für die Nadelhölzer und für die Laubhölzer. Bei der Lerche vertrocknet sogar das Mark unter dem Vegetationskegel der geschlossenen Knospe, welche im nächsten Jahre ein Blätterbüschel oder einen Blüthenstand entwickelt, und zeigt ein Längsschnitt durch die Mitte derselben nach der Zahl der im Mark entstandenen wagerechten Schichten das Alter der Knospe.

Die Endknospe eines Tannen- oder Fichtenzweiges (Fig. 64. S. 73), hatte sich Ende Juli vollständig geschlossen, sechs bis acht Kreise von Deckschuppen umgaben den kleinen Vegetationskegel, auch hatte sich das Gewebe des Markes unter dem letzteren noch nicht in der beschriebenen Weise verändert. Am 26. August untersuchte Endknospen desselben Baumes (vom Schwarza-Thal im Thüringer Walde), welche sich bedeutend ver-

gröſsert hatten, zeigten dagegen auf einen Längsschnitt durch ihre Mitte bereits die durch das neu erwachte Leben des Vegetationskegels entstandene Anlage zum Trieb des kommenden Jahres (Fig. 60. S. 68). Die Veränderung, welche das Mark unter dem Vegetationskegel, um die Zeit als dieser ruhte, erfahren, war jetzt deutlich sichtbar; der junge Trieb lag eingesenkt, von den Theilen des Stammes, welche die Deckschuppen tragen, umgeben; es muſste sich demnach dieser Theil innerhalb der vier Wochen verlängert haben. Schon im jungen Trieb sind nunmehr Mark und Rinde durch den Verdickungsring (*ac*) getrennt; allein die Gefäſsbündel entstehen erst, wenn der Trieb im kommenden Frühjahr die Deckschuppen der Knospe durchbricht. Für die Blüthenknospe der Tanne und Fichte, die ich um dieselbe Zeit und von denselben Bäumen untersuchte, gilt ganz dasselbe. Die männliche Blüthe (Fig. 66) ist überall verhältniſsmäſsig am weitesten entwickelt, ihre Antheren zeigen schon zu Ende August die Mutterzellen des Blüthenstaubes. Am Triebe der Zapfenknospe dagegen bilden sich im Herbste erst die Anlagen der Samenschuppen als kegelförmige Erhebungen, als wahre Achselknospen, in der Achsel des angelegten Deckblattes (Fig. 67). Die e r s t e n A n f ä n g e der drei Knospen-



arten sind nun bei der Tanne und Fichte unter sich anatomisch in k e i n e r W e i s e verschieden; nur die Art ihres Auftretens am Zweige läſst sie schon

Fig. 66. Längsschnitt durch die Antherenknospe (männliche Knospe) der Fichte vom 9. September 1852. Die Anlage der weiblichen Blüthe hat bereits ihre Blätter (*a*) als Antheren verwerthet, dieselben sind auf dem Querschnitt schon zweifächerig; *c* die braun-

frühe als Laub-, Antheren- oder Zapfenknospen unterscheiden; alle drei gleichen anfänglich der als Fig. 64. S. 73 abgebildeten Knospe.

Nicht allein die Tanne und Fichte, sondern auch die Kiefer und Lerche, desgleichen die Eiche, Buche, Erle und Birke, ferner der Kirschbaum, der Mandelbaum, die Syringa, die Rofskastanie u. s. w. bilden die Anlage des Triebes für das kommende Jahr schon im Herbst in ihrer Knospe. Die Kiefer, deren Trieb, vom zweiten Lebensjahre der Pflanze ab, in der Achsel eines schuppenartig bleibenden Blattes eine Knospe bildet, welche zuerst schuppenförmige Blätter (die Scheide) und zuletzt die beiden Nadeln entwickelt, zeigt schon im Herbst die Anlage eines neuen Schusses, der in der Achsel seiner Blätter die erwähnten Knospen trägt, aus denen sich im kommenden Frühjahr die Nadelpaare mit ihrer Scheide entfalten. Der männliche Schufs desselben Baumes trägt in der Achsel solcher Blätter im Herbst schon seine Blüthenknospen, auch zeigt der junge Trieb der Kiefer schon Spiralgefäfse. Die gemischten Knospen der Buche und Eiche haben gleichfalls schon im Herbste ihre Blüthen angelegt.

Was für die von mir untersuchten Bäume gilt, wird auch für andere, ja für alle mehrjährigen Gewächse unserer Zone, die frühzeitig blühen oder frühzeitig einen neuen Trieb entwickeln, Geltung haben. Die Blüthen der im ersten Frühling hervorbrechenden Orchideen (Orchis maculata, Himantoglossum hircinum) sind schon im Herbst (Ende September) vollständig angelegt; später blühende Pflanzen derselben Gattung (Herminium Monorchis, Epipactis latifolia) zeigen dagegen um dieselbe Zeit nur eine unvollständig angelegte Blüthenähre. Die Kirsch- und Mandelblüthe ist schon im October in allen ihren Theilen vorhanden. Der gemeine Heckensame (Ulex europaeus) blüht bisweilen schon im Herbst, häufiger im ersten Frühling. Die männlichen Blüthen des Haselstrauches u. s. w. kommen nicht selten schon im Herbst oder Winter zur vollständigen Entwickelung, auch viele andere Bäume blühen, bei einem sehr warmen und hinreichend feuchten Herbst, nicht selten zum zweiten Male, indem die Blüthen, welche für das kommende Frühjahr bestimmt waren, schon im Herbst zur Ausbildung gelangen. Der Roggen, früh gesäet, bildet bei mildem Herbst-

gefärbten Knospenschuppen, unter deren Schutz die männliche Blüthe überwintert; *pv* der Vegetationskegel der Blüthenanlage; *x* das Gewebe, welches im Mark die Grenze zwischen dem Stengelglied des vorigen Jahres und der Blüthe bildet; *ac* der Cambiumring; *f* die Anlage des Stielchens der Blüthe (25 mal vergröfsert).

Fig. 67. Längsschnitt durch eine Zapfenknospe (weibliche Knospe) der Tanne vom 6. November 1853. Der noch sehr junge Zapfen hat bereits in der Achsel der Deckschuppen (*a*) die Anlage der Samenschuppen (*b*) als kleine warzenförmige Erhebung gebildet. *c* Die braun gefärbten Knospendeckschuppen, unter deren Schutz der junge Zapfen überwintert; *pv* der Vegetationskegel des Zapfens; *x* das Gewebe, welches im Mark die Grenze zwischen dem Stengelgliede des vorigen Jahres und der Zapfenanlage bildet; *ac* der Cambiumring; *y* ein Gefäfsbündel in demselben; *z* ein Gefäfsbündel, welches zu den Knospenschuppen verläuft (12 mal vergröfsert).

wetter im December stark bestaudete Pflanzen, deren Halme sich zollhoch über den Boden erheben und gar nicht selten schon die Aehre des Sommers angelegt enthalten. Später, im October, gesäeter Roggen dagegen entwickelt im December nur kleine Pflanzen, die auf einer Anschwellung des ersten, aus der Plumula entstandenen Stengels, die Anlagen künftiger Halme, als kleine Achselknospen, tragen und nur vier bis sechs Blätter über die Erde schicken. Im letzten Falle, wo die Knospen künftiger Halme noch im Boden liegen, kann das Beweiden der Wintersaat, bei Frostwetter, durch Schafe keinen Schaden bringen, im anderen dagegen mufs es der Ernte sehr nachtheilig werden.

Die äufsere Gestalt der geschlossenen Knospe ist nach dem Mitgetheilten nicht zu jeder Zeit dieselbe. Anfänglich klein, nur aus dem Vegetationskegel und wenigen Deckblattkreisen bestehend, vergröfsert sich die Knospe allmälig mehr und mehr, bis sie im Herbst gewissermafsen ausgebildet erscheint. Die Knospe einer jeden Baumart ist dann ihrer Gestalt nach verschieden. Die Buche hat im Herbst eine lange spindelförmige Knospe (Taf. III. Fig. 35), die Kiefer desgleichen (Taf. II. Fig. 21). Die Achselknospe der Erle ist dreieckig und gestielt (Taf. IV. Fig. 23), die Achselknospe der Platane liegt von der Basis des Blattstieles umschlossen, sie wird erst sichtbar, wenn das Blatt abfällt u. s. w. Die Gestalt der winterlichen Knospen kann man deshalb, wie es Rossmässler und Willkomm gethan, mit zur Charakteristik der verschiedenen Bäume benutzen.

Ob eine Knospe im kommenden Jahre einen jungen Trieb oder eine Blüthe entwickeln wird, erkennt man nach der Baumesart im Herbst entweder an dem Ort ihres Hervortretens oder an der Gestalt der Knospe selbst. Bei der Tanne erscheint die Knospe, welche im kommenden Jahre den Zapfen bildet, schon im Sommer (Juli) vereinzelt auf der Oberseite eines Gipfelzweiges, während die Knospen der männlichen Blüthen an der Unterseite solcher Zweige und zwar in beträchtlicher Anzahl neben einander auftreten. Bei der Lerche zeigt sich im Herbst die Knospe des männlichen oder weiblichen Blüthenstandes als runde braun gefärbte glänzende Scheibe zwischen dem Blätterbüschel (Taf. II. Fig. 37) Sie erscheint sowohl an einjährigen als an mehrjährigen Zweigen, bei der Tanne dagegen habe ich nur an jährigen Zweigen die Anlage zur Blüthe gesehen. Beim Kirsch- und Mandelbaum sind die Blüthenknospen im Herbst ungleich gröfser als die Knospen, welche einen Stammtrieb bilden sollen. Auch bei der Buche ist die gemischte Knospe, welche einen blühbaren Zweig entwickelt, schon im Herbst viel dicker als diejenige Knospe, welche einen sterilen Zweig ausbildet, so dafs sich schon im Herbst bestimmen läfst, ob das kommende Jahr ein Blüthenjahr der Buche werde (Taf. III. Fig. 34 x). Bei der Rofskastanie, Esche und noch bei manchen anderen Bäumen ist die Endknospe eines Zweiges viel gröfser als dessen Achselknospen (Taf. IV. Fig. 54).

Die Lage der Deckschuppen einer Knospe wird, da selbige nur un-

entwickelte Laub- und Nebenblätter sind, durch die Anordnung, nach welcher der Vegetationskegel überhaupt seine Blätter bildet, bedingt; Pflanzen mit gegenständigen Blättern, z. B. die Roſskastanie und die Syringa, haben deshalb auch Knospen mit gegenständigen, abwechselnden Deckschuppen. Für die Knospen anderer Pflanzen gilt das auf S. 70 Gesagte.

Ehe der Trieb im Frühjahr die Deckschuppen der Knospe durchbricht, beginnt die letztere zu schwellen, sie wird gröſser und dicker, indem ihre Knospenschuppen, deren oberer im Herbst gebildeter Theil schon vor der Winterruhe des Baumes abgestorben ist, vom Grunde aus von neuem zu wachsen anfangen und sich bei einigen Bäumen bedeutend verlängern (Taf. III. Fig. 37). Unter ihrem Schutze weilt noch der junge Trieb, der sich gleichfalls entsprechend verlängert, eine Zeit lang und durchbricht dann erst seine Umhüllung, indem er entweder die Knospenschuppen selbst, welche am Grunde abreiſsen und durch Harz verklebt an einander haften, mützenartig auf seiner Spitze emporhebt (bei der Fichte) oder selbige zur Seite schiebend durchbricht. In allen Fällen aber verschwinden nach und nach die Knospenschuppen der inneren Kreise, deren Grundtheil sich im Frühjahr verlängert, während die Knospenschuppen der äuſseren Kreise, die sich meistens nicht mehr verlängern, bei den Nadelhölzern Jahre lang am Zweige verbleiben und als die mehrerwähnten Schuppenansätze bekannt sind. Aber auch bei den Laubhölzern (Eiche, Buche, Birke und Erle) erkennt man, wenn die Knospenschuppen längst abgefallen sind, an den dicht auf einander folgenden Ringen, welche eben so vielen Blattkreisen mit verkürzten Stengelgliedern entsprechen, die Stelle der vormaligen Knospenschuppen und kann nach ihnen das Alter des Zweiges bestimmen (S. 75).

Sobald sich die Endknospe eines Triebes schlieſst, hört das Längswachsthum des letzteren auf und ändert sich zugleich mit dieser Periode das Leben des Zweiges. Der Holzring des Stammes, welcher bis dahin nur schwach verdickte, weite Holzzellen bildete, erzeugt von nun ab engere Zellen, die sich stärker verdicken, wodurch sich das Frühlings- und Herbstholz unterscheidet. Bäume, deren Knospen sich frühzeitig schlieſsen, z. B. unsere Nadelhölzer, bilden deshalb früher Herbstholz als andere, deren Knospen erst später ihr Längswachsthum beendigen, z. B. die Erle und Birke. Die markirte Grenze der Jahresringe aber entsteht durch das plötzliche Abwechseln des Herbstholzes mit dem Frühlingsholz, wogegen der Uebergang des letzteren zum ersteren meistens ein allmäliger ist.

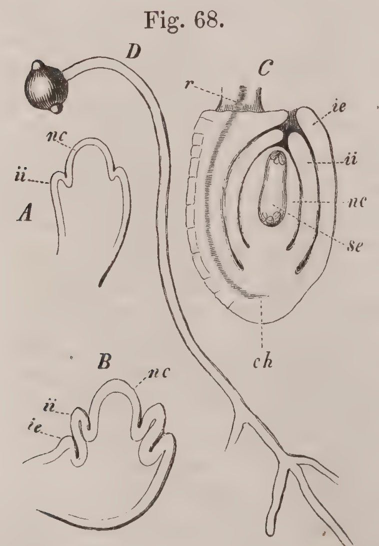
Um die Zeit, wo sich die Knospe schlieſst, schält sich die Rinde einiger Waldbäume zum zweiten Male leichter (im Frühling schält sie sich, sobald die Vegetation erwacht). Der Cambiumring ist nämlich alsdann für eine kurze Zeit, für etwa 14 Tage, saftreicher; sobald aber die Bildung des Herbstholzes beginnt, und unter den Hüllen der Knospe der neue Trieb oder die Anlage zur Blüthe des kommenden Jahres entsteht, verliert auch das Gewebe des Verdickungsringes an seinem Saftgehalt, indem von nun

an die gelösten Nahrungsstoffe sowohl zur Anlage des neuen Triebes als auch zur Bildung des stärker verdickten Herbstholzes verbraucht werden.

Nicht selten macht der Baum einen zweiten oder August-Trieb, indem die schon geschlossene Knospe sich wieder öffnet und der eigentlich für das kommende Jahr bestimmte Trieb schon in dem Sommer seiner Entstehung zur Entfaltung gelangt. Die Eiche macht gern einen zweiten Trieb und zwar zunächst dann, wenn sie keine Früchte bringt, oder wenn durch Raupenfraſs ihre erste Blattgeneration vernichtet wurde. Am jungen Stockausschlag der Eiche vermiſst man ihn wohl niemals. Bei der Buche sah ich nur in sehr dicht geschlossenen Beständen das Hervortreten eines August-Triebes. Bei der Roſskastanie traf ich ihn an stark beschnittenen Bäumen, bei der Fichte nur an jungen Exemplaren und bei der Tanne bemerkte ich ihn niemals. Der zweite Trieb scheint demnach überall nur dann vorzukommen, wenn eine groſse Menge von Nahrungsstoffen im Baume angehäuft ist und nicht hinreichend Verwerthung findet. Sobald die Eiche Früchte trägt, verbraucht sie nämlich ihre Säfte zum gröſsten Theil für deren Ausbildung und kann in diesem Falle keinen zweiten Trieb befördern.

Die Blüthenknospen und diejenigen Knospen, welche einen Stammtrieb entwickeln, sind anfangs anatomisch nicht von einander zu unterscheiden (S. 76); erst wenn sich die Blätter der Blüthentheile ausbilden, erkennt man die Anlage zur Blüthe. Uebergangsformen der Zweigknospe in eine Blüthenknospe sind deshalb nicht selten; aus der Spitze des weiblichen Blüthenstandes der Lerche oder der männlichen Blüthe der Araucaria brasiliensis entwickelt sich bisweilen ein beblätterter Zweig; und bei der Tanne wird oftmals die Knospe, welche ihrer Stellung nach einen Zapfen entwickeln müſste, als Zweig ausgebildet. — Ueber die Blüthe werde ich im Abschn. VIII ausführlich reden.

Fig. 68.



Die Samenknospen entstehen bei unseren Nadelhölzern und den Cycadeen frei, entweder am Hauptzweig selbst als Endknospen (Taxus), oder an den Samenschuppen (Abies, Pinus, Larix), welche sich als Knospen, demnach als Zweige in der Achsel der Deckblätter des Zapfens, entwickeln. Bei den übrigen

Fig. 68. *ABC* Entwickelungszustände der Samenknospe des Stiefmütterchens (Viola tricolor); *nc* der Knospenkern; *ii* die erste, innere; *ie* die zweite, äuſsere, Knospenhülle; *ch* der Knospengrund (die Chalaza); *se* der Keimsack (Embryosack); *r* die Nabelschnur (raphe). *D* Ein verzweigter Pollenschlauch derselben Pflanze (200mal vergröſsert).

Phanerogamen bilden sich die Samenknospen innerhalb einer besonderen Hülle, im Fruchtknoten. Die Samenknospe besteht in allen Fällen aus einem Vegetationskegel, der sich als Knospenkern (Fig. 68) (Nucleus) ausbildet, und entweder gar keine Umhüllung erhält, demnach als nackter Knospenkern (N. nudus) verbleibt (bei Hippuris, Thesium, Coffea), oder nur eine einfache Umhüllung (Integumentum simplex) erhält, welche vom Grunde aus als Kreiswulst emporwächst und den Knospenkern überzieht, an seiner Spitze eine Oeffnung lassend (bei Carpinus, Corylus, Betula und Alnus) (Taf. IV. Fig. 5, 31 u. 41) oder endlich eine doppelte Umhüllung gewinnt, wo die äufsere Hülle (I. externum) unterhalb der inneren (I. internum) entsteht und wieder die erstere umhüllt. Die Oeffnung dieser Knospenhüllen wird Knospenmund (Mikropyle) genannt. Die Eiche, Buche (Taf. III. Fig. 8 u. 23), ächte Kastanie, das Stiefmütterchen (Fig. 68) und fast alle Monocotyledonen besitzen eine doppelte Knospenhülle. In seltenen Fällen, z. B. beim Eibenbaum (Taxus) entsteht nach der Befruchtung in gleicher Weise noch eine andere Knospenhülle, die als Samenmantel (Arillus) beschrieben wird. Eine Zelle im Innern des Knospenkernes wird zum Keimsack oder Embryosack, in dessen Innern sich der Keim ausbildet (vgl. Abschn. VIII). Die Samenknospe ist, wie die Blüthe selbst, deren Theil sie darstellt, eine Stammknospe. Doch kann man ihre Knospenhüllen nicht wohl als wahre Blätter deuten, weil sie in der Aufeinanderfolge nicht der Blattbildung entsprechen, wo immer das höher gelegene Blatt das jüngere ist, obschon monströse blattartige Ausbildungen derselben, die nicht selten vorkommen, vielfach zur Stütze ihrer Blattnatur beansprucht werden. Ueber die Samenknospe werde ich gleichfalls bei der Blüthe ausführlicher reden.

Durch die Endknospe verlängert sich, wie wir gesehen, der Stamm, indem sich die Stengelglieder der unter dem Vegetationskegel entstandenen Blätter durch Zellenvermehrung und Ausdehnung strecken. Stämme oder Zweige, deren Endknospe sich nicht periodisch schliefst, z. B. bei Ficus elastica, verlängern sich ohne Unterbrechung; Pflanzen, deren Endknospen sich schliefsen, z. B. unsere Bäume, wachsen dagegen nur periodisch in die Länge. Die Stengelglieder zwischen den Deckschuppen bleiben überall verkürzt. An den Zweigen der meisten Bäume (der Buche, der Birke, dem Kirschbaum) erkennt man, wenn die Deckschuppen abgefallen sind, wie bereits erwähnt, die verkürzten Stengelglieder noch sehr deutlich; auch der Gummibaum behält die Narbe jedes abgefallenen Deckblattes. Sobald der Vegetationskegel selbst verbraucht wird, z. B. bei den meisten Blüthen, oder wenn er abstirbt, ist mit ihm auch das Längswachsthum des Stammes oder Zweiges selbst aufgehoben, was bei der Mistel (Viscum album), wo die Endknospe zur Blüthe wird, am besten in das Auge fällt, indem hier der Zweig selbst sich nicht mehr verlängern kann, wohl aber durch zwei Achselknospen zwei neue Seitenzweige bildet, wodurch die eigenthümliche, sich flächenartig ausbreitende Gestalt des Mistelzweiges bedingt wird (Fig. 63. S. 72).

Bei einigen Bäumen und Sträuchern stirbt nun, nach Ohlert*), die Endknospe des Zweiges jederzeit ab, in welchem Falle sich der Zweig durch eine Seitenknospe verlängert. Für Syringa scheint dies auch in unserer Gegend immer zu geschehen, bei der Birke finde ich dagegen eben so häufig wahre Endknospen. Ohlert beobachtete dieselben Pflanzen in Königsberg; das Klima eines Ortes scheint demnach auf die Fortbildung der Knospen von Einfluſs zu sein. Die Zweigspitzen des Maulbeerbaumes erfrieren in unserem Klima fast regelmäſsig, iu südlichen Ländern dagegen treibt derselbe zunächst aus seinen Endknospen und wird so zu einem mächtigen Baum mit weit um sich greifender Krone. Die Endknospen des Kirschbaumes sollen leichter als dessen Achselknospen erfrieren. Bei der Heidelbeere (Vaccinium Myrtillus) stirbt die Endknospe regelmäſsig ab, jeder Zweig endigt zahnförmig und eine Achselknospe verlängert ihn im nächsten Jahre. Beim Sanddorn (Hippophaë) wird die Spitze des Zweiges dornartig und neue Zweige entstehen aus den Achselknospen.

Die Endknospen, Achselknospen und Nebenknospen unterscheiden sich im Allgemeinen nur durch die Weise ihres Entstehens und durch ihre Stellung an der Pflanze von einander. Im Bau sind sie, die Blätterlage einiger Bäume ausgenommen, nicht wesentlich verschieden. Die Endknospe bildet, wie schon ihr Name sagt, das Ende eines Stammes oder Zweiges; Stamm und Zweig verlängern sich durch selbige. Die Plumula des Keimes ist eine wahre Endknospe. Die Achselknospe erscheint in der Achsel des Blattes und bildet sich in der Regel bald nach dem Entstehen des letzteren, entfaltet sich dagegen meistens erst später zum Zweig oder zur Blüthe. Sie entsteht aus dem fortbildungsfähigen Gewebe, welches an der Basis des Blattstieles liegt und erhält ihre Gefäſsbündel direct vom Stamme. Die Nebenknospe endlich kann überall an der Pflanze auftreten, wo Gefäſsbündel in einem fortbildungsfähigen Gewebe liegen. Am Stamm oder an der Wurzel bildet sie sich unmittelbar am Verdickungsring und durchbricht später die Rinde. Am Blatt verschiedener Pflanzen (Bryophyllum, Cardamine, Malaxis, Asplenium bulbiferum u. s. w.) erscheint sie an bestimmten Stellen und zwar entwickelt sich zuerst ein kleiner Vegetationskegel, unter dem bald darauf Blätter entstehen; das Stämmchen erhebt sich alsdann, es bildet Nebenwurzeln und kann auf diese Weise zur neuen selbstständigen Pflanze werden. Die Samenknospen, sowohl an den Samenschuppen der Nadelhölzer als im Fruchtknoten der meisten Phanerogamen, müssen, da sie kein Stützblatt haben, als Nebenknospen betrachtet werden. Die Samenknospe von Taxus, desgleichen die Samenknospe des Buchweizens sind dagegen als Endknospen zu deuten. Die Samenknospen von Podocarpus und Cupressus endlich sind wahre Achselknospen.

Die Wurzelknospe, deren Bau wir bereits am Keimling der Nadelhölzer (Fig. 11. S. 17) kennen gelernt haben und deren Charakter durch den

---

*) Linnaea 1837. S. 432.

verhüllten Vegetationskegel gegeben ist, läſst nach der Weise ihres Vorkommens drei Arten unterscheiden:

1. Die Hauptwurzelknospe, an dem Wurzelende des Keimes; aus ihr entsteht die Haupt- oder Pfahlwurzel der Dicotyledonen.
2. Die Nebenwurzelknospe, welche im Keimlager oder am Verdickungsring eines Stammtheiles entsteht und als Nebenwurzel (Adventivwurzel) hervortritt.
3. Die Seiten- oder Zweigwurzelknospe, welche am Verdickungsring einer Wurzel entspringt und aus der sich eine Seitenwurzel, ein Wurzelzweig, bildet.

Aus der Hauptwurzelknospe des Keimes entwickelt sich unmittelbar die Hauptwurzel. Die beiden anderen Knospenarten entstehen bei den Dicotyledonen, überhaupt bei allen Pflanzen, die mit einer Pfahlwurzel keimen, erst später, und zwar am Stamm und an der Wurzel in der unmittelbaren Nähe des Verdickungsringes, sie entwickeln sich innerhalb der Rinde. Vom Verdickungsring ausgehend, erhebt sich bei ihrer Bildung ein kleiner, anfangs sehr flacher Kegel, dessen erste Anlage von einer Adventiv-Stammknospe nicht zu unterscheiden ist. Sobald sich dieser Zellenkegel vergröſsert, erscheint an seiner Spitze die Anlage zur Wurzelhaube. Das Gewebe der Rinde, in welchem die Wurzelknospe liegt, stirbt darauf in deren Umgebung ab, weil diese die Säfte desselben verbraucht. Vom Verdickungsringe des Stammes oder der Wurzel ausgehend, bildet sich alsdann in der jungen Wurzelknospe selbst ein Verdickungsring und bald darauf durch den letzteren ein Gefäſsbündelring. Die Wurzelknospe durchbricht zuletzt die Rinde und entwickelt sich, nach dem Ort ihres Entstehens, entweder zur Nebenwurzel oder zur Zweigwurzel.

Wurzelknospen können, den Nebenstammknospen gleich, wahrscheinlich überall entstehen, wo Gefäſsbündel in einem fortbildungsfähigen Gewebe liegen; sie erscheinen sogar auf den isolirten Blättern einiger Pflanzen (Mentha piperita) und können alsdann das Blatt über seine normale Lebenszeit erhalten, auch unter günstigen Umständen durch Bildung von Stammknospen auf ihnen eine neue Pflanze erzeugen. In der Wurzel der Palmen, sowie der meisten von mir untersuchten Monocotyledonen, erlischt nun die Thätigkeit des Verdickungsringes frühzeitig und damit wird auch die Bildung neuer Wurzelknospen beschränkt oder gar vollständig aufgehoben; die jugendliche Spitze solcher Wurzeln bildet dafür vorzugsweise neue Seitenwurzeln, und ebenso entstehen aus dem dauernd fortbildungsfähig bleibenden Gewebe des Keimlagers (S. 47) fortwährend neue Nebenwurzeln. Auch bei der Kiefer bilden sich, wie Pfeil mit Recht hervorhebt, nur an der jugendlichen, noch nicht mit Borke umhüllten, Spitze älterer Wurzeln die Anlagen zu neuen Seitenwurzeln; die älteren Theile der letzteren können dagegen, gleich dem Stamme dieses Baumes, keine neue Wurzeln entsenden. Die ältere Kiefer läſst sich darum nicht versetzen. Der Stamm und die Wurzel unserer Waldbäume, sowie der dicotyledonen Pflanzen

überhaupt, sind dagegen, weil ihr Verdickungsring fortdauernd thätig bleibt, auch bis in das höchste Alter zur Bildung neuer Wurzelknospen fähig, worauf der große Unterschied der Wurzelbildung bei den monocotyledonen und den dicotyledonen Pflanzen beruht. Die Palme z. B. keimt mit einer falschen Pfahlwurzel (S. 58), welche niemals zu einer wahren Hauptwurzel wird und wie bei der Eiche und Buche die Axe des Pflanzenkeimes nach unten direct fortsetzt; dieselbe stirbt überhaupt früher oder später ab und aus der Basis des Stammes entstehen neue Nebenwurzeln, die wieder absterben, um durch fortdauernd neu entstehende ersetzt zu werden. Die Schuppenzwiebel der Hyacinthe bildet gleichfalls aus ihrer Basis fort und fort Nebenwurzeln und ebenso entsenden viele Gräser und Aroideen, aber auch der Wasserschierling (Cicuta virosa), aus ihren Stengelknoten zahlreiche Nebenwurzeln.

Eine Wurzelknospe kann sich, wie wir schon aus den zuletzt erwähnten Beispielen ersehen, auch am Stamme bilden. Die Luftwurzeln der tropischen Orchideen und diejenigen, welche den älteren Stamm baumartiger Farrn, oftmals als dichtes Wurzelgeflecht, umgeben, sind am Stamm aus Wurzelknospen entstanden. Der Steckling, den wir in die Erde senken, bildet Wurzelknospen und aus ihnen Nebenwurzeln, welche demselben Bodennahrung reichen. Die Brutknospe in der Achsel der Blätter (Lilium bulbiferum, Dentaria bulbifera) bewurzelt sich durch Bildung von Wurzelknospen. Die Wurzeln der jungen Pflanzen, welche auf dem Blatte von Bryophyllum und Asplenium bulbiferum entstehen, endlich bilden sich gleichfalls aus Wurzelknospen an jungen Stammknospen.

Wie ein Nebenzweig, wenn der Haupttrieb verkümmert oder absichtlich genommen wird, den Dienst des fehlenden Haupttriebes versieht, so kann auch eine Neben- oder Seitenwurzel, wenn die Hauptwurzel unterdrückt wird, den Dienst der letzteren vertreten. Wenn das Leben der Wurzel nach einer Seite hin durch örtliche Hindernisse beschränkt wird, so entwickelt es sich in der Regel nach der anderen, nicht beschränkten, Seite um so üppiger. Die fortdauernde Bildung neuer Seitenwurzeln aber ist für das Leben des Baumes sehr wichtig.

Sobald eine Knospe in ihrer Anlage so weit gediehen ist, daſs ihr Vegetationskegel frei oder von einer Wurzelhaube bedeckt erscheint, ändert sich die Natur der Knospe nicht mehr; eine Wurzelknospe muſs sich, sobald sie als solche angelegt ist, auch ihrem Bau gemäſs, als Wurzel entwickeln und umgekehrt kann keine Stammknospe selbst, d. h. unmittelbar zur Wurzel werden.

Während sich die Stammknospe unserer Bäume, wie wir gesehen, zu einer bestimmten Zeit schlieſst, und damit auch das Längswachsthum des Stammtheiles für eine bestimmte Lebensperiode aufhört, dauert die Verlängerung der Wurzel durch ihre Spitze ungleich länger fort und wird erst im Spätherbst durch das Herabsinken der Temperatur beschränkt und zuletzt aufgehoben, um mit dem kommenden Frühjahr ein neues Wachsthum zu beginnen. Das Längswachsthum der Wurzel schlieſst später ab

und es beginnt früher als dasjenige der Zweige. Der Jahresring der Wurzel eines Baumes hat deshalb immer ungleich weniger Herbstholz als der Jahresring des Stammes.

Wenn die Stammknospe, vom Mutterstamm gelöst, unter günstigen Verhältnissen, eine für sich bestehende Pflanze entwickelt, welche mit allen Eigenthümlichkeiten der Mutterpflanze begabt ist, so wird sie Brutknospe genannt. Eine solche dient der ungeschlechtlichen Vermehrung der höheren Gewächse und vervielfältigt nicht allein die Art, sondern auch die Sorte ihrer Mutterpflanze. Auf der Uebertragung einer edelen Knospe auf einen minder edelen Stamm beruht auch die Veredelung des Wildlings durch eine Knospe oder durch ein Pfropfreis, das Achselknospen trägt, indem der aus der eingesenkten Knospe oder aus dem Pfropfreis entstandene Zweig seiner Mutterpflanze gleicht, während die Zweige aus den eigenen Knospen des gepfropften Stammes alle Eigenthümlichkeiten der unveredelten Art behalten. Auf diese Weise vervielfältigt man auch die Bastardpflanzen, welche, aus Samen gezogen, in der Regel sehr bald auf die mütterliche oder väterliche Pflanze zurückschlagen*).

In der Knospe des Pfropfreises oder des Stecklings, desgleichen in der Brutknospe, ist eine Rinde, ein Verdickungsring und ein Mark enthalten, in ihr liegt überdies schon die Anlage zu den Gefäſsbündeln und den Geweben der Mutterpflanze, der Keim des Samens entwickelt sich dagegen aus einer einzigen Zelle und für ihn können deshalb, wie es scheint, geringe auf die Ernährung und Ausbildung einwirkende Einflüsse leichter Veränderungen in der chemischen und physiologischen Beschaffenheit der sich bildenden Zellen einleiten und diese wiederum wesentliche Veränderungen im Leben der sich aus dem Keim entwickelnden Pflanze herbeiführen, während die Knospe als Theil eines einmal bestehenden Gewächses auch beinahe alle Eigenthümlichkeiten des letzteren bewahrt.

Das Auge, die Knospe, der Kartoffel wird zum unterirdischen Zweig, aus dem eine neue Pflanze hervorgeht, die anfänglich ihre Nahrung aus der Knolle schöpft, deren Stärkmehl enthaltendes Gewebe dieselbe wie das Sameneiweiſs die Keimpflanze ernährt (S. 44). Auch die Schale der Kartoffel entwickelt bei unverletzten Augen eben so gut Ausläufer und bringt unter sehr günstigen Verhältnissen bisweilen kräftige Pflanzen; da ihr jedoch die Reservestoffe zur Unterstützung der letzteren fehlen, so wird man nur im gröſsten Nothfall diese Methode zum Anbau der Kartoffel verwenden.

Wenn sich irgendwo ein Stämmchen oder ein neuer Zweig entwickelt, so entsteht er jederzeit aus einer Stammknospe; wenn sich dagegen eine Wurzel bildet, so entwickelt sie sich jederzeit aus einer Wurzelknospe. Jeder Axentheil einer Pflanze, der mit einem freiliegenden Vegetations-

---

*) Vergl. Abschn. IV dieses Buches.

kegel endigt und Blätter trägt oder getragen hat, ist ein Stamm, jeder Axentheil dagegen, der mit einer Wurzelhaube abschliefst, ist eine Wurzel; letztere kann niemals Blätter bilden.

Die Knolle der Orchideen besitzt nun am oberen Ende eine Stammknospe und am unteren Ende eine mehr oder minder deutliche Wurzelknospe; das untere Ende bildet niemals Blätter, aus der Stammknospe der vorjährigen Knolle dagegen entwickelt sich der Blüthenschaft. In der Knolle der Orchideen sind also Stamm- und Wurzelknospe vereinigt und beide waren auch zu ihrer Bildung thätig. Herminium Monorchis, eine zierliche Orchisart, zur Blüthezeit nur mit einer Knolle, aus welcher der Blüthenschaft hervorgeht, versehen, bildet im Spätsommer am Grunde des letzteren neue Nebenwurzeln, von denen eine oder selten mehrere dicht über ihrer Spitze eine Stammknospe tragen. Das Ende der Nebenwurzel, jetzt nach unten mit einer Wurzelhaube, nach oben mit einer Stammknospe versehen, schwillt darauf knollenartig an, während sich der übrige Theil in normaler Weise als Nebenwurzel verlängert, wodurch die junge Knolle 1—1½ Zoll von der Mutterpflanze entfernt wird (Fig. 69). — Die Zwiebeln der Liliaceen sind dagegen einfache Stammknospen, die in der Achsel der Blätter entstehen und ihre Schuppen entsprechen den Deckschuppen, indem auch sie den jungen Trieb beschützen. Die Zwiebel trennt

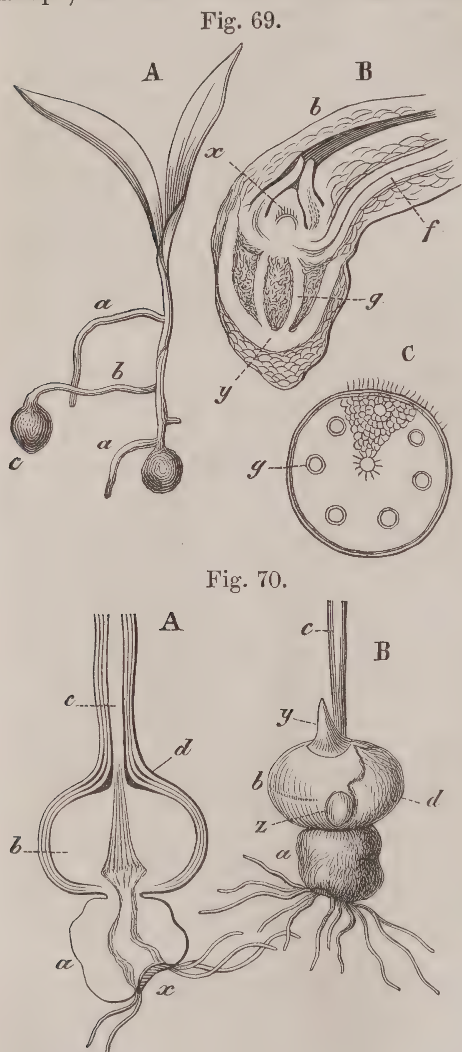


Fig. 69. *A* Eine wahrscheinlich einjährige Keimpflanze von Herminium Monorchis; *a* u. *a* Nebenwurzeln; *b* eine andere Nebenwurzel, welche mit der Knolle (*c*) für das

sich als Brutknospe von ihrer Mutterpflanze (Fig. 70 *z*). — Der Stockausschlag, eine Zweigbildung aus dem Stumpf gefällter Bäume, desgleichen der Wurzelausschlag, eine Zweigbildung aus der Wurzel, beruht auf der Bildung von Neben-Stammknospen und ist nicht allen Bäumen eigen. Die Nadelhölzer bilden nicht leicht einen Stock- und Wurzelausschlag, sie müssen deshalb aus Samen erzogen werden; nur die amerikanischen Pinus-Arten und ganz besonders die canarische Kiefer treiben reichlich Knospenbrut. Wenn der letzteren die unteren Aeste genommen werden, so bekleidet sich sogar der ganze Stamm mit zahllosen, aus Nebenknospen entstandenen Zweigen, welche ihn zu einer grünen Säule umgestalten. Unsere Kiefer treibt dagegen niemals Nebenknospen. Die Eiche und die Birke, zur Bildung von Stammknospen sehr geneigt, eignen sich deshalb zum Niederwald-Betrieb. Bei der Rüster (Ulmus) ist der Wurzelausschlag gar nicht selten und bei der Espe (Populus tremula) und bei der Hainbuche (Carpinus) ist er sehr gewöhnlich. Die Pappel unserer Kunststraſsen, desgleichen die ächte Kastanie und die Roſskastanie bringen da, wo ihnen Aeste genommen wurden, oftmals eine reiche Brut von Nebenknospen, aus denen, dicht gedrängt, Zweige hervorgehen; ja selbst die Tanne entwickelt an ähnlichen Stellen hier und da ein kümmerliches Zweiglein.

Die Stecklinge gewisser Bäume, der Weide, der Pappel, sowie vieler Garten- und Zierpflanzen, schlagen Wurzeln, weil sich am Stamme Wurzelknospen bilden, die zu Nebenwurzeln werden. Die Nadelhölzer dagegen, welche, wie wir gesehen, keinen Stock- und Wurzelausschlag machen, bilden eben so wenig am Stamme Wurzelknospen und lassen sich deshalb auch nicht durch Stecklinge vermehren; nur die canarische Kiefer und die amerikanischen Pinus-Arten möchten hier eine Ausnahme machen.

Jede Pflanze hat, wie wir schon mehrfach erfahren, ihre Eigenthümlichkeiten, die wir freilich noch viel zu wenig kennen und noch weniger überall zu erklären vermögen. So macht die geköpfte Weide eine starke Krone und liefert durch letztere viel Buschholz. Sie wird aus einem sechs

kommende Jahr endigt. *B* Die Knolle *c* im Längsdurchschnitt; *x* die Achselknospe, aus der sich später der Schaft entwickelt; *y* das Wurzelende der Knolle; *b* Theil der Nebenwurzel, die bei ihrer Bildung betheiligt war; *f* das Gefäſsbündel derselben; *g* Gefäſsbündel der Knolle. *C* Querschnitt der Knolle *c*. Die Gefäſsbündel (*g*) bilden hier einen Kreis, in dessen Mitte ein centrales Bündel liegt (8 mal vergröſsert).

Fig. 70. Die Zwiebel von Gladiolus segetum. *A* Im Längsschnitt; *a* der Stammtheil, welcher im vergangenen Jahre die Zwiebel bildete; *b* die Zwiebel, welche zur Zeit einen Blüthenschaft (*c*) entsendet; *d* die Blätter, welche an der Basis der Zwiebel entspringen und deren Anschwellung bedecken; *x* die Basis der alten Zwiebel, aus der die Wurzeln entspringen. *B* Die Zwiebel nach Entfernung der sie umhüllenden Blätter; *y* die Achselknospe, aus der sich die Zwiebel für das kommende Jahr entwickeln wird; *z* eine andere Achselknospe, die später, von der Mutterpflanze getrennt, sich selbstständig als Brutzwiebel ausbildet, aber erst nach einigen Jahren zur Blüthe kommt; *d* ein Theil des Blattes, in dessen Achsel die zuletzt genannte Knospe entstanden ist.

bis acht Fuſs langen, seiner Stammspitze beraubten, ziemlich starken Steckling erzogen, während das Bandholz der Bötticher, ohne eigentlichen Stamm mit noch schlankeren Zweigen, aus einem schwachen, etwa vier bis sechs Zoll langen, ebenfalls seiner Stammspitze beraubten Weidensteckling hervorsproſst. In beiden Fällen bilden sich nahe der Spitze des Stecklings reichlich Stammknospen und aus letzteren Zweige, die sich beim Bandholz üppiger entwickeln, weil hier kein groſser Stamm zu ernähren ist, während die Kopfweide auch für den letzteren zu sorgen hat. Die Tanne oder Fichte dagegen bildet, ihres Haupttriebes beraubt, darum nicht mehr Zweige, es erhebt sich vielmehr aus einer nahe der Spitze gelegenen Stammknospe ein Seitentrieb zum Ersatz des verlorenen Haupttriebes. Einige Farrnkräuter, z. B. Alsophila, bilden nach einer mündlichen Mittheilung des Herrn Obergärtner Reinecke, Adventiv-Stammknospen, während andere (Balantium) niemals Knospen entwickeln. Pflanzen, welche an der Wurzel schwierig Stammknospen erzeugen, scheinen auch am Stamm nicht leicht Wurzelknospen zu bilden (die Nadelhölzer).

Die Stammknospe kann schon im ersten Jahre zur Entwickelung kommen, z. B. bei einjährigen Pflanzen und beim zweiten oder Augusttrieb des Baumes. In der Regel entwickelt sie sich aber erst im zweiten Jahre; der Trieb, im Herbst angelegt, entfaltet sich alsdann im kommenden Frühling. Sie kann aber auch Jahre lang ruhen und dann, entweder gesetzmäſsig oder unter günstigen Umständen, ihren Zweig oder ihre Blüthe entwickeln. Ein kleines, auf Waldwiesen nicht seltenes Farrnkraut, die Mondraute (Botrychium lunaria) z. B. trägt schon die Anlagen zum Triebe des kommenden, des zweiten und des dritten Jahres.

Sehr viele Stammknospen kommen auch gar nicht zur Ausbildung, weil es der Pflanze an Stoffen zu ihrer Ernährung gebricht. Der Keimling der Buche entwickelt nur, wenn seine Hauptknospe verkümmert, die in den Achseln seiner Samenlappen immer vorhandenen Seitenknospen und der Drachenbaum bildet nur, wenn die Endknospe zur Blüthe wird, aus den Achselknospen seiner letzten Blätter Zweige, er bleibt unverzweigt bis er geblüht. Bei der Euphorbia canariensis kann die Knospe 10—20 Jahre ruhen und dann noch zum Zweige auswachsen, desgleichen kann der Cochenille-Cactus (Opuntia Ficus indica) noch aus alten Knospen Blüthen oder Zweige treiben. — Nimmt man einer Pflanze ihren Haupttrieb, so entwickeln sich im Allgemeinen die Seitentriebe der Zweige üppiger, wofür die Kopfweide uns ein Beispiel gegeben; entfernen oder unterdrücken wir dagegen die Seitentriebe, so wächst der Haupttrieb stärker, worauf die Zucht der Bäume im eng geschlossenen Bestande beruht. Die unteren Zweige, denen es an Licht, ja sogar an Platz sich auszubreiten, fehlt, sterben und der Stamm wächst mächtig in die Höhe, indem er nur an seinem Gipfel Zweige bildet. Die Buche und die Kiefer des geschlossenen Bestandes wird deshalb in der Tracht ein anderer Baum als wie im freien Wuchse. Die Wiese, im Sommer gemäht, grünt wieder aus, weil Knospen,

die schon vor dem Mähen vorhanden waren oder erst nach dem Mähen entstanden, neue Halme entwickeln, so dafs ein neuer Graswuchs gedeiht, welcher im Herbst der Sichel unterliegt. Wird dagegen die Wiese nicht gemäht und reifen die Samen der Grasblüthen, so vertrocknet der Halm und die Wiese grünt nicht oder nur spärlich von neuem, weil die Knospen in dem ersten Falle ernährt und zum neuen Halm herangebildet werden, in dem zweiten aber unentwickelt bleiben, indem die Pflanze ihre Kraft zunächst auf die Ausbildung des Samens verwenden mufste.

Das Getreidekorn, dessen Keim, gleich allen Pflanzen, nur mit einer Stammknospe versehen ist, entwickelt in der Regel mehrere Halme, die aus den Achselknospen der ersten Blätter entstehen und von dem Halme der Hauptknospe später nicht zu unterscheiden sind. Dasselbe Getreidekorn bringt auch frühzeitig mehrere Wurzeln; bei einigen Arten ist nur eine (Lolium speciosum), bei anderen sind bereits mehrere Wurzelknospen (Secale, Triticum) im Keime selbst vorhanden. Zweig- und Wurzelbildung aber gehen mit einander Hand in Hand; wenn der Baum viel Zweige macht, so treibt er auch reichlich Wurzeln. Das keimende Farrnkraut bildet sogar in der Regel mit jedem neuen Blatt auch eine neue Wurzel.

Die Laubknospen unserer Waldbäume öffnen sich bekanntlich im Frühjahr nicht zu gleicher Zeit, und doch läfst sich keine genaue Reihenfolge angeben, weil sowohl die Oertlichkeit, als noch mehr die Witterung des Frühjahrs in Betracht kommen. Wenn nämlich die Wärme plötzlich zunimmt, so werden Bäume, welche sich bei allmälig zunehmender Temperatur erst nach einander belauben, gleichzeitig grün. Die Acacie belaubt sich zuletzt; sie scheint am meisten Wärme zu bedürfen.

Nur in verhältnifsmäfsig seltenen Fällen theilt sich der Vegetationskegel einer Stammknospe oder einer Wurzelknospe, um zwei oder mehrere neue Zweige oder Wurzeln zu bilden. — Eine Theilung des Vegetationskegels der Stammknospe ist mir bei unseren Bäumen nirgends vorgekommen; sie ist von Hofmeister bei Selaginella, einer Lycopodiacee, und von mir beim kriechenden, unterirdischen Stamm einiger Orchideen (Epipogum und Corallorhiza u. s. w.) nachgewiesen. Der Vegetationskegel bildet hier in der Regel anfangs zwei oder drei kleine Erhebungen, welche immer mehr hervortreten und bald darauf unter sich Blattanlagen bilden. Die Theilung der Wurzelspitze ist von mir an den Anschwellungen der Erlenwurzel, ferner an den eigenthümlich geformten Luftwurzeln des Laurus canariensis und vieler Cycadeen, auch an der getheilten Knolle einiger Orchideen, mit Sicherheit beobachtet worden. Dieselbe beginnt natürlich unterhalb der Wurzelhaube und jede so entstandene neue Wurzelspitze zeigt bald darauf ihren eigenen bedeckten Vegetationskegel.

In der Natur geht Alles nach Gesetz und Ordnung.

IV.

Der Stamm und die Zweige.

Auf Spaziergängen durch Wald und Flur sehen wir Bäume mancherlei Art, doch keiner gleicht in seiner Tracht genau dem anderen. Die alte

Fig. 71.



Fig. 71. Der Astbau der Fichte (Picea vulgaris Link).

Tanne*), mit mächtigem graden Stamm himmelan strebend, unterscheidet sich von der mehr schlanken, ihr an Höhe wenig nachstehenden Fichte, durch breite, wagerechte Aeste und Zweige und durch eine kuppelförmige Krone. Die alte Fichte trägt ihre starken Aeste bogenförmig, während schwache Zweige in grofser Zahl von ihnen senkrecht abwärts hängen (Fig. 71) und ihre Krone bis ins höchste Alter kegel- oder pyramidenförmig bleibt. Die gemeine Pappel unserer Kunststrafsen (Populus pyramidalis) richtet ihre Aeste und Zweige im spitzen Winkel nach aufwärts und gewinnt so bei fortdauerndem Gipfelwachsthum des Hauptstammes eine lange spindelförmige Krone, welche aus denselben Gründen, doch mehr pyramidenförmig, bei der Cypresse des Südens wiederkehrt. Die

Fig. 72.



Fig. 72. Mittelstamm und Astbildung der Eiche.

*) Wenn fortan von der Tanne und Fichte die Rede ist, so ist unter der ersteren immer die Weifstanne oder Edeltanne (Abies pectinata Del.), unter der Fichte dagegen die Rothtanne (Picea vulgaris Link) verstanden.

Schwarzpappel (Populus nigra) dagegen hat eine mehr wagerechte, unregelmäſsige Tracht der Aeste und bildet deshalb eine mehr in die Breite gehende Krone. Die alte Eiche wird durch die knorrigen Aeste und die unregelmäſsige Gestalt ihrer Krone malerisch (Fig. 72), während die Buche durch ihren glatten, walzenförmigen Stamm und ihre volle Krone ausgezeichnet ist und sich die Birke durch die Menge ihrer langen und schwachen, durch ihre eigene Schwere bogenförmig abwärts hängenden Zweige (Fig. 73) charakterisirt, worin ihr die Trauerweide zur Seite steht, während bei der Hänge-Esche und dem Hänge-Ilex viel kürzere und dickere Zweige senkrecht nach abwärts wachsen. Das Verhältniſs des Stammes, der Aeste und Zweige zu einander und ihre Richtung bedingt die Tracht, den Habitus, der Bäume.

Fig. 73.



Was ist ein Stamm, was ist ein Ast und was sind Zweige; entstehen nicht alle drei aus einer Stammknospe? Stamm, Ast und Zweig sind der Entwickelungsgeschichte und dem inneren Baue nach nicht wesentlich verschieden; denn alle drei entstehen aus einer Stammknospe, doch kann die Art derselben verschieden sein. Der eigentliche oder ursprüngliche Hauptstamm bildet sich nämlich immer aus der Stammknospe des Keimes (der Plumula) und haben wir seine Entwickelung im zweiten Abschnitt dieses Buches verfolgt (S. 59). Der Hauptstamm in weiterer Bedeutung kann aber auch aus einer Achsel- oder Nebenknospe eines älteren Stammes oder einer Wurzel (aus Stock- und Wurzelausschlag) entstehen; oder sich aus einer frei gewordenen Knospe (aus einer Brutknospe) bilden.

Fig. 73. Der Astbau der Birke (Betula alba).

Der eigentliche Stamm eines Baumes entsteht immer aus dem Haupttrieb und sein Längswachsthum ist entweder unbeschränkt, wenn seine Endknospe fortdauernd thätig bleibt, oder beschränkt, wenn selbige zu einer bestimmten Zeit langsamer wächst oder gar zu wachsen aufhört.

Aeste und Zweige unterscheiden sich nur durch ihr Alter und ihre Stärke von einander, der stärkste Ast ist vormals ein schwacher Zweig gewesen; beide sind aus einer Achselknospe, seltener aus einer Nebenknospe, entstanden; beide haben, wie der Stamm, entweder ein begrenztes oder unbegrenztes Wachsthum.

Jeder Stamm, Ast oder Zweig endigt, so lange er fortwächst, mit einem freien Vegetationskegel, oder mit anderen Worten, er schliefst mit einer Stammknospe, durch welche sich der Stamm, Ast oder Zweig verlängert. Das Dasein eines freien, d. h. von keiner Wurzelhaube bedeckten, Vegetationskegels unterscheidet demnach jedes Stammorgan von einer Wurzel, die mit einem bedeckten Vegetationskegel endigt und deshalb keine Blätter bilden kann (S. 47). Alle Stamm- und Wurzeltheile verlängern sich nur durch ihren Vegetationskegel, in welchem die Zellenvermehrung fortdauert, wenn sie in den unteren, bereits der Länge nach ausgewachsenen Theilen aufgehört hat. Stamm und Wurzel bezeichnet man als Achsenorgane und unterscheidet sie durch ihr Spitzenwachsthum vom Blatte, das, weil es keinen Vegetationskegel besitzt, auch nicht an seiner Spitze wächst. Ich unterscheide noch zwischen Stamm- und Wurzelorgan. Jeder Theil, der Blätter trägt oder getragen hat (der Blattnarben besitzt) und der mit einem freien Vegetationskegel endigt, er mag nun über oder unter der Erde befindlich sein, ist immer ein Stamm. (Den unterirdischen Stamm hat man Wurzelstock [Rhizoma] genannt.) Jeder Pflanzentheil dagegen, der nirgends Blätter oder Blattnarben besitzt und der mit einem von einer Wurzelhaube bedeckten Vegetationskegel endigt, ist immer eine Wurzel. Das Blatt endlich hat gar keinen Vegetationskegel, die Zellen seiner Spitze entstehen zuerst und sterben auch zuerst. Blätter, die mit einem Zahn oder einem Stachel endigen, z. B. Hakea suaveolens, sind hier sehr beweisend, indem der Stachel bereits abgestorben ist, wenn sich das Blatt kaum erhoben hat. Das letztere wächst an verschiedenen Stellen seiner Fläche, in vielen Fällen, z. B. bei den Gräsern, nachdem es einmal angelegt ist, nur von seinem Grunde aus; es entsteht nur unter dem Vegetationskegel des Stammes und ist somit ein Nebenorgan des letzteren. Der Theil eines Stammes zwischen zwei über einander stehenden Blättern wird, wie schon mehrfach erwähnt, Stengelglied (Internodium) genannt.

Die hier gegebene Definition von Stamm, Wurzel und Blatt wird auf alle Fälle Anwendung finden; nur beim zusammengesetzten, z. B. beim gefiederten Blatte, bildet der gemeinsame Blattstiel, insbesondere bei Guarea, gewissermafsen den Uebergang zum Zweige, indem er wie dieser an seiner Spitze wächst und unter derselben neue Einzelblätter erzeugt.

Schon bei der Betrachtung des Keimes haben wir S. 17 gesehen,

daſs in der Axe des letzteren drei wesentliche Theile zu unterscheiden sind: 1. das Mark, in der Mitte der Axe gelegen; 2. der Verdickungsring, welcher gewissermaſsen als Cylinder dasselbe umgiebt; und endlich 3. die Rinde, welche wiederum den Verdickungsring umschlieſst; der letztere scheidet somit das Mark von der Rinde. Im jungen, für das kommende Jahr bestimmten Trieb der Stammknospe finden wir alle diese Theile wieder und vermissen dieselben auch in der Wurzelknospe nicht.

Durch den Verdickungsring verdickt sich der Stamm; in ihm entstehen, wie uns die Keimung gezeigt (S. 50), die ersten Gefäſsbündel und durch ihn wachsen dieselben und zwar nach betsimmten Gesetzen, welche für gewisse Abtheilungen des Gewächsreiches maſsgebend sind, weiter. Wenn der Verdickungsring unthätig wird, hört auch das Dickenwachsthum des Stammes und der Wurzel auf. Durch ihn entsteht und wächst also der Holzring und die secundäre Rinde der dicotyledonen Pflanzen, das Mark dagegen vergröſsert sich im normalen Falle nicht, es bleibt, wie es der Anlage nach war, nur seine Zellen ändern ihre Beschaffenheit, sie bleiben entweder zartwandig oder sie verdicken sich, verholzen auch bisweilen, und sterben entweder ab oder bleiben längere Zeit thätig. Die Markscheide ist der älteste Theil des Holzringes, und in ihr erkennt man bei den meisten Bäumen noch die ursprünglichen Gefäſsbündel, welche zur ersten Bildung des Holzringes im Verdickungsringe zusammentraten; sie enthält deshalb immer Spiral- und Ringgefäſse, selbst wenn die später gebildeten Theile des Holzringes letztere nicht mehr besitzen (S. 25); da sie das Mark kreisförmig umschlieſst, so macht sie das Wachsthum desselben in die Breite unmöglich, doch zeigt das Mark verschiedener Zweige derselben Pflanze, nach der Gröſse der Knospe, aus welcher sie entstanden sind, oftmals einen ganz verschiedenen Durchmesser.

Bei den Dicotyledonen verbleibt das Cambium der Gefäſsbündel im Verdickungsring und bildet, wenn man so will, einen wesentlichen Theil desselben; Holz und Rinde wachsen deshalb durch ihn in bestimmter Weise weiter. Nach der Seite des Markes entwickelt sich nämlich der Holztheil des Gefäſsbündels, d. h. derjenige Theil, in welchem einzig und allein Holz- und Gefäſszellen vorkommen; nach der Seite der Rinde entsteht dagegen der Basttheil oder derjenige Theil des Gefäſsbündels, in welchem die Bastzellen und Siebröhren auftreten. Nur bei wenigen Pflanzen, z. B. im Stamm unserer Nessel, ferner bei Ripsalis und einigen anderen Cacteen, desgleichen in der Pfahlwurzel der keimenden Wallnuſs, läſst sich das Cambium der Gefäſsbündel von den Zellen des eigentlichen Verdickungsringes noch späterhin scharf unterscheiden.

Betrachten wir den Querschnitt eines jungen Zweiges der Linde, Buche oder des Cocculus laurifolius (Fig. 26. S. 28), so sehen wir Gefäſsbündel kreisförmig um das Mark (e) geordnet, der Holzkörper (a) derselben ist keilförmig und breite Markstrahlen (f) scheiden die einzelnen Gefäſsbündel von einander. Jedes derselben besitzt hier in der Rinde einen

Bastkörper (*b*), von halbmondförmiger Gestalt, der dem Holzkörper (*a*) gegenüber liegt und von ihm durch den Verdickungsring (*cbR*) geschieden wird. Der Theil des letzteren nun, welcher zwischen dem Bastkörper und dem Holzkörper eines jeden Gefäſsbündels liegt, muſs als das eigentliche Cambium eines solchen Bündels betrachtet werden, wogegen der Theil des Verdickungsringes, welcher dem Markstrahl angehört, als das Cambium des letzteren oder das Cambium des Verdickungsringes selbst aufzufassen ist. Das Cambium beider bildet aber mit einander die safterfüllte Zone zwischen Holz und Rinde unserer Bäume, die als Saftring oder Verdickungsring im weiteren Sinne des Wortes bekannt ist und durch welche sowohl der Holzring als die ihn umschlieſsende Rinde fortwachsen. Der Saftring oder Verdickungsring, auch Cambiumring genannt, ist deshalb nach beiden Seiten hin immer von den jüngsten Zellbildungen umgeben; der älteste Theil des Holzkörpers aber berührt das Mark und der älteste Theil des Bastkörpers der Gefäſsbündel den ursprünglichen, nicht durch den Verdickungsring entstandenen Theil der Rinde, was ein Querschnitt durch einen mehrjährigen Lindenzweig am besten erläutert (Fig. 74). Man unterscheidet hier nämlich in der Rinde an der keilförmigen Gestalt des Bastkörpers (*b*) diejenigen Theile, welche demselben Gefäſsbündel angehören und mit ihrer Spitze den ältesten Theil der Rinde, die primäre Rinde, berühren, während der ihnen gegenüber an der inneren Seite des Verdickungsringes gelegene, gleichfalls keilförmige Theil desselben Gefäſsbündels mit seiner Spitze (*a*) das Mark (*e*) berührt und den Holzkörper oder Holztheil dieses Bündels bildet. Jedes Gefäſsbündel im Stamm und in der Wurzel wird deshalb, weil es durch den Verdickungsring fortwächst, an der Grenze des Holz- und des Bastkörpers, wo dieser Zuwachs nach beiden Seiten stattfindet, von Jahr zu Jahr breiter. Anfänglich durch ursprüngliche (primäre) Markstrahlen, d. h. durch ein Nahrungsgewebe (Parenchym), welches die ursprünglichen Gefäſsbündel seitlich von einander trennt, geschieden, zeigen sich alsbald sowohl im Holz- als auch im Rindenkörper des Gefäſsbündels später entstandene (secundäre) Markstrahlen, welche gewissermaſsen durch eine seitliche Theilung des Gefäſsbündels erzeugt werden und im Holztheil nicht mehr das Mark, im Rindentheil aber nicht mehr die ursprüngliche Rinde erreichen, vielmehr nach

Fig. 74.

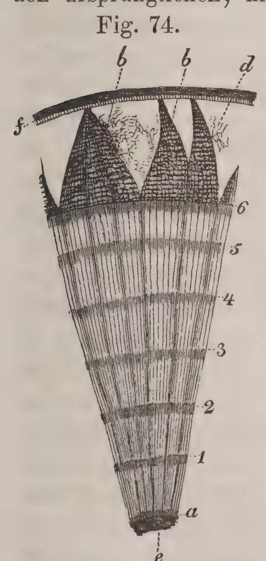


Fig. 74. Querschnitt eines sechsjährigen Lindenzweiges; *a* Markscheide; *b* Basttheil der Gefäſsbündel; *d* Nahrungsgewebe der Rinde; bei 6 die Grenze zwischen Holz und Rinde (Gesammtcambium oder Verdickungsring im weiteren Sinne des Wortes); *e* Mark; *f* ursprüngliche (primäre) Rinde. 1—6 Zahlen der Jahresringe (5mal vergröſsert).

beiden Seiten innerhalb des ursprünglichen Gefäſsbündels endigen, wie dies ein Querschnitt des Stammes der Cissus verrucosa (Fig. 24. S. 27) am deutlichsten beweist. Je weiter nun diese secundären Markstrahlen in den Holzring vordringen, um so älter, je näher sie dem Verdickungsring endigen, um so jünger sind dieselben. Für die Markstrahlen innerhalb des Rindentheiles gilt dasselbe; diejenigen, welche vom Verdickungsringe am tiefsten in die Rinde eindringen, sind älter als solche, welche näher dem Verdickungsringe endigen. Einige Bäume, z. B. die Eiche und die Buche, haben zweierlei, nämlich breite und schmale, Markstrahlen.

Bei unseren Bäumen, deren Wachsthum durch den Winter unterbrochen wird, zeigt sich das periodische Fortwachsen des Holzringes durch bestimmte Grenzen, welche durch die verschiedene Weise der Ausbildung der Zellen des Holzkörpers hervorgerufen werden und die wir **Jahresringe** nennen. Sobald nämlich im Frühling die Vegetation beginnt, erwacht auch die Thätigkeit des Verdickungsringes und durch sie das Leben der Gefäſsbündel, es bilden sich nach innen neue Holz- und Gefäſszellen und nach auſsen neue Rindenzellen. Die im Frühling entstandenen Holzzellen unserer Nadelhölzer sind aber (Fig. 75), weil der Baum um diese Zeit den gröſsten Theil seiner Säfte für die Ausbildung seiner neuen Triebe und seiner Blätter verbraucht, nur schwach verdickt; sie können sich dafür länger und deshalb mehr ausdehnen und werden, obschon im jüngsten Zustand auf dem Querschnitt tafelförmig, alsbald quadratisch (Fig. 15. S. 19). Je mehr aber die Blätter des Baumes ihrer völligen Ausbildung nahen, um so mehr verdicken sich auch die später, etwa im Anfang des Sommers, entstandenen Holzzellen und in gleichem Grade beschränkt sich deren seitliche Ausdehnung, bis endlich, wenn der Trieb des Jahres ausgebildet ist, und sich die Knospe schlieſst (S. 73), auch die von nun an entstehenden Holzzellen sich kaum noch in der Richtung des Radius ausdehnen und deshalb tafelförmig bleiben, sich dafür aber um so stärker verdicken (Fig. 75 *b*), worauf zuletzt

Fig. 75.

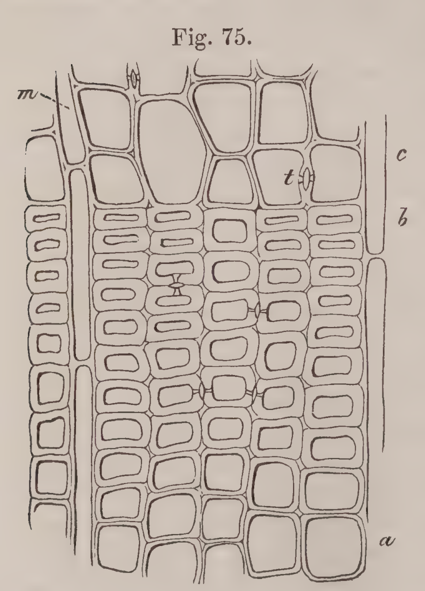


Fig. 75. Querschnitt durch das Holz der Fichte (Picea vulgaris). *a* Die im Sommer entstandenen Holzzellen, welche allmälig in das Herbstholz *b* übergehen, dessen scharfe Grenze zwischen *b* u. *c* einem Jahresringe entspricht; *m* Markstrahlen; *t* Tüpfel (200 mal vergröſsert).

im Spätherbst die Vegetation gänzlich erlischt, um im kommenden Frühjahr von neuem zu beginnen. Auf die letzte Reihe der Herbstzellen eines Jahres folgt deshalb immer die erste Reihe der Frühlingszellen des folgenden Jahres; daher die scharfe, schon mit bloſsem Auge erkennbare Grenze der Jahresringe unserer Nadelbäume, bei welchen der Gegensatz des Herbst- und Frühlingsholzes am entschiedensten ausgeprägt ist. Die Herbstzellen dieser Bäume erscheinen schon mit bloſsen Augen, ihrer verdickten Wände halber, dunkler gefärbt, während die viel weiteren und deshalb mit mehr Luft erfüllten Frühlingszellen, eine weiſsere Färbung gewinnen. Bei einigen Laubhölzern sind zwar die Grenzen der Jahresringe weniger markirt, indem das Vorkommen der Gefäſse zwischen den Holzzellen hier mancherlei ändert, allein unter dem Mikroskop erkennt man dennoch fast in allen Fällen in gleicher Weise die Grenze der Jahresringe (Hartig nennt die im Frühling entstandenen Holzzellen der Nadelhölzer Rundfasern, und bezeichnet die im Herbst gebildeten als Breitfasern).

Manche tropische Bäume, die keinen Wachsthumsstillstand kennen, haben auch keine Jahresringe (Araucaria brasiliensis, Cinchona succirubra, Coffea arabica, Ardisia excelsa, Erica arborea, Vaccinium padifolium, Artocarpus incisa, Theobroma Cacao, Euphorbia canariensis u. s. w.), andere dagegen mit sehr kurzer Wachsthumsunterbrechung zeigen nur Andeutungen derselben (einige Lorbeer-Arten); alle tropischen Bäume aber, welche periodisch ihre Blätter abwerfen und ihre Knospen schlieſsen, bilden auch, gleich unseren Bäumen, alljährlich einen neuen Jahresring (der Baobab [Adansonia digitata] und die Bombax-Arten).

Nach den Jahresringen zählt man das Alter eines Baumes, eines Zweiges oder einer Wurzel; aus dem Jahresring erfährt man auſserdem noch die Lebensgeschichte des Baumes oder Zweiges; man sieht, ob derselbe in einem Jahre mehr als in dem anderen gewachsen ist, man erkennt, ob das Wachsthum in dem einen Jahre mehr an der einen oder an der anderen Seite stattgefunden und kann aus der Beschaffenheit des Holzringes auf bestimmte Verhältnisse, welche dieselben herbeiführten, schlieſsen. Bäume, welche freistehen, entwickeln nämlich in der Regel starke Aeste und Zweige, dagegen wird das Höhenwachsthum beschränkt und der Stamm verdickt sich stärker. Die Jahresringe des Holzes sind in diesem Falle breiter, und das Frühlingsholz ist scheinbar vorherrschend, es überwiegt das Herbstholz. Stellt man eine Fichte oder Tanne von der einen Seite frei, während die andere Seite im eng geschlossenen Bestande bleibt, d. h. von anderen Bäumen gleicher Höhe dicht umgeben ist, so wird die freie Seite vorzugsweise neue Zweige bilden und der Holzring an dieser Seite breiter als an der anderen ausfallen. Wenn nun ein gefällter Stamm plötzlich nach einer Anzahl sehr schmaler Jahresringe ungleich breitere Holzlagen zeigt, so darf man annehmen, daſs der geschlagene Baum, anfangs eng geschlossen oder gar unterdrückt gestanden, plötzlich aber ringsum lichtgestellt wurde, indem die Bäume, welche ihn beschatteten, geschlagen

wurden. Die Krone konnte sich in diesem Falle mehr ausbreiten und die Bildung des Holzes muſste der vermehrten Zweigbildung proportional zunehmen. Sind die Jahresringe eines gefällten Stammes dagegen an der einen Seite breiter als an der anderen, so darf man für die Seite der breiteren Holzlagen in der Regel einen lichteren Stand annehmen. Bäume, welche am Abhange eines Berges stehen, entwickeln nach der freien Seite hin mehr Zweige und deshalb auch nach dieser Seite breitere Jahresringe.

Das Holz der breiteren Jahresringe ist nun, weil es auf demselben Flächenraum des Querschnittes mehr Frühlingsholz enthält, natürlich leichter als das Holz der schmalen Jahresringe, obschon das Verhältniſs des Frühlingsholzes zum Herbstholz eines Ringes so ziemlich dasselbe bleibt. Wo es deshalb darauf ankommt, ein recht festes Holz zu erziehen, beschränkt man zweckmäſsig das Wachsthum der Jahresringe und erreicht dies durch den Betrieb des geschlossenen Bestandes, wobei die Masse des Holzes in der Breite allerdings abnimmt, wohl aber die Härte und damit der Werth des letzteren gewinnt. Dieselbe Baumesart liefert deshalb nach der Art, wie sie gezogen wird, ein in Bezug auf Festigkeit und Brennkraft durchaus verschiedenes Holz und der Stamm selbst wächst nach der Art seiner Cultur mehr oder weniger in die Länge. Im Freien breitet er seine Aeste und seine Zweige aus, während der Haupttrieb im Längswachsthum zurückbleibt; der Stamm und die Zweige verdicken sich stark, aber das Holz wird ästig und weich und ist deshalb als Bau- und Brennmaterial weniger tauglich. Im geschlossenen Bestande dagegen wird die Ast- und Zweigbildung beschränkt und das Längswachsthum des Haupttriebes befördert, Stamm und Zweige verdicken sich zwar nicht so stark, der Stamm wird aber ungleich höher, das Holz, weniger ästig und viel fester und deshalb als Bau- und Brennmaterial ungleich werthvoller.

Die Kiefer im geschlossenen Bestande ist scheinbar ein ganz anderer Baum als diejenige im freien Wuchs, deren Holz viel leichter ist und deshalb auch im Preise niedriger steht. Selbst die canarische Kiefer, welche in den herrlichen Gebirgswäldern von Tenerife und Gran Canaria bis 150 Fuſs Stammhöhe erreicht, wird in der Niederung, einzeln stehend, selten über 60 Fuſs hoch und vertauscht ihre pyramidale Tracht mit einer unregelmäſsig kuppelförmigen Krone. Ihre im Gebirge nur 6 — 8 Zoll langen Nadeln werden dagegen in der Niederung über einen Fuſs lang. Das Holz der Niederung aber hat einen viel geringeren Werth als dasjenige des Gebirges, welches durch seine Festigkeit und seinen Harzgehalt fast unvergänglich ist. Ebenso breitet die Buche im freien Wuchs ihre Aeste über einen weiten Flächenraum aus, bildet dagegen im geschlossenen Bestande schlanke säulenförmige Stämme mit dicht belaubter Krone. Mit der Tanne im Schluſs gezogen, eilt sie sogar der letzteren nach und erreicht mit ihr fast eine gleiche Stammeshöhe. Durch den dichten Schluſs eines Bestandes erzielt man überhaupt sehr hohe gerade und wenig beästete Stämme mit schmalen Jahresringen und festem Holze.

Je enger die Jahresringe, um so fester ist in der Regel auch das Holz; die Jahresringe des Eibenbaumes (Taxus) sind aufserordentlich schmal, das Holz ist ungeheuer fest. Ebenso sind die Jahresringe im hohen Norden oder auf hohen Bergen gewachsener Nadelbäume gleichfalls sehr schmal und ist ihr Holz seiner Härte halber sehr gesucht. Ein hundertjähriger Stamm des Knieholzes (Pinus Pumilio) hat in einem solchen Falle kaum einen Durchmesser von vier bis fünf Zollen. Allein die Bäume solcher Standorte sind in der Regel klein und krüppelig, starke Stämme sind sehr selten, und von sehr hohem Alter. Die im Moorgrund wachsende Kiefer schiefst dagegen in den ersten Jahren stark empor und macht sehr breite Jahresringe, bleibt aber später im Wachsthum zurück und liefert ein werthloses Holz. Die Art des Forstbetriebes, das Klima, der Standort und die Bodenverhältnisse sind deshalb für das Leben des Baumes überhaupt und somit auch für die Ausbildung seines Holzes von grofser Bedeutung.

Bäume, deren Endknospen sich erst spät schliefsen, bilden in der Regel breite Jahresringe; der Stamm der Birke und Erle verdickt sich deshalb schneller als der Stamm der Eiche und der Buche. Das Frühlingsholz ist hier vorwaltend, da erst mit dem Abschlufs der Knospen das Herbstholz entsteht. Auch in der Wurzel, die bei allen Bäumen ihr Längswachsthum später als der Stamm abschliefst, ist das Frühlingsholz vorwaltend, dazu sind hier die Zellen, zum wenigsten bei den Nadelhölzern, weiter, ja oftmals viermal so weit als die Zellen des Stammholzes, sie haben Holzzellen mit drei bis vier Tüpfelreihen, während im Stamm nur Holzzellen mit einer e i n z i g e n Tüpfelreihe vorkommen (Fig. 76). — Auch der wilde Trieb oder das Wasserreis, dessen Endknospe sich später als am normalen Zweige schliefst, hat breitere Jahresringe mit vorwaltenden Frühlingszellen und deshalb ein leichteres Holz als die normalen Zweige.

In den Glashütten sowohl als in den Hämmer- und Schmelzwerken des Thüringer Waldes verbraucht man zunächst das sogenannte Stockholz, d. h. Wurzelholz, weil ersteres ungleich billiger ist und seiner lockeren Beschaffenheit halber, ein rasches Flammfeuer

Fig. 76.

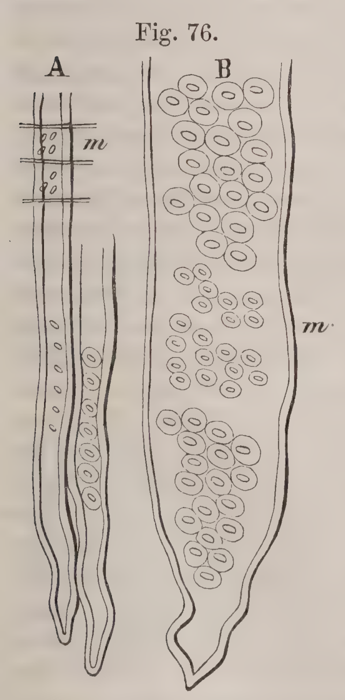


Fig. 76. Araucaria brasiliensis. *A* Isolirte Holzzellen aus dem Stamm. *B* Isolirte Holzzellen aus der Wurzel d e s s e l b e n Baumes; *m* der Ort, wo die Markstrahlzellen die Holzzellen berührt haben (200mal vergröfsert).

giebt. Auch hat dasselbe nach Pfeil*), bei alten Kiefern durch seinen ungleich gröſseren Harzgehalt mehr Hitzkraft als das Holz des Stammes, dessen engere Zellen nicht so viel Harz als die weiten Zellen der Wurzel aufzunehmen vermochten. Für das Stockholz aber kommt in der Regel noch der unterste Theil des Stammes, der sogenannte Wurzelknoten, in Betracht, dessen Holz sich wie das Stammholz verhält.

Das jüngere äuſsere Holz, dessen Markstrahlen und Holzparenchym noch Saft führen, wird Splint, das ältere, innere Holz dagegen wird, wenn es sich durch seine Farbe und andere Eigenschaften unterscheidet, Kernholz genannt. Der Splint eines im Frühjahr gefällten Stammes ist feucht und heller gefärbt als das Kernholz, welches in der Regel ungleich fester und deshalb werthvoller ist.

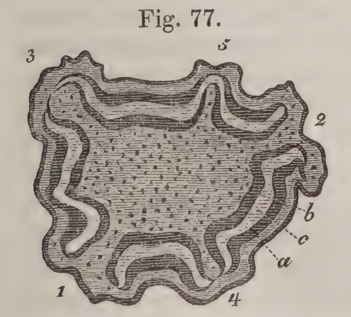
Im Keim wie in der Knospe scheidet, wie wir gesehen, der Verdickungsring das Mark von der Rinde. Das Mark wächst nicht durch den Verdickungsring und auch der ursprüngliche Rindentheil vermehrt sich nicht durch ihn; die Rindentheile, welche der Verdickungsring in der S. 95 beschriebenen Weise nachbildet, sind durchaus anderer Art. In der ursprünglichen (primären) Rinde, die nach auſsen durch eine wahre Oberhaut begrenzt ist, liegen keine Bastzellen; in ihr entwickeln sich dagegen die Harzgänge der meisten Nadelbäume, welche, mit Ausnahme des Lerchenbaumes, später nicht mehr nachgebildet werden. Diese ursprüngliche (primäre) Rinde bleibt entweder längere Zeit thätig oder sie stirbt frühe ab; im ersten Falle findet in ihr eine Zellenvermehrung statt, so daſs sie dem Dickenwachsthum der inneren Theile des Stammes zu folgen vermag; im anderen aber wird sie durch Korkbildung in bestimmter Weise abgeworfen. Die Oberhaut der Rinde vertrocknet in der Regel schon im ersten Jahre, indem sich unter ihr Korkschichten entwickeln, mit ihr geht aber die Haarbekleidung der jungen Zweige vieler Bäume, z. B. der Buche und Tanne, verloren; die Mistel und die Stechpalme (Ilex europaea) dagegen behalten auch die Oberhaut ihrer Zweige viele Jahre lang und bleiben durch dieselbe grün und glatt. — Die übrigen Theile der primären Rinde erhalten sich schon länger und dauern, z. B. bei der Linde, Buche und Tanne, viele Jahre; die Kiefer dagegen, sowie alle Bäume, deren Rinde sich abschuppt, verlieren sie schon zeitig und mit ihr gehen die Theile, welche ihr eigenthümlich sind, verloren. — Die glatte Oberfläche des Buchen- und Tannenstammes, das Abblättern des Birkenstammes, das Abschuppen des Kiefer- und Lerchenstammes, die rissige Beschaffenheit des Eichenstammes beruhen allein auf der verschiedenen Lebensweise der Rinde, welche sich als eine Folge des Vorkommens oder Fehlens bestimmter Zellenarten und der Weise ihres Zusammenwirkens kundgiebt. — Ueber den Bau des Holzes und der Rinde werde ich im siebenten Abschnitt ausführlicher reden.

---

*) Pfeil, Kritische Blätter. Bd. XXXIII. Heft 2. S. 65.

Die Palmen und der Drachenbaum, desgleichen alle monocotyledonen Pflanzen, verdicken ihren Stamm in etwas anderer Weise als unsere dicotyledonen Bäume. Auch bei ihnen ist ein Verdickungsring, durch welchen ihr Stamm im Umfang wächst, vorhanden, derselbe bleibt aber nicht immer für das ganze Leben der Pflanze thätig, indem es Palmen giebt, die nur bis zu einem gewissen Alter ihren Stamm verdicken. Unter der Endknospe des Keimes bildet sich bei der Palme und dem Drachenbaum der Verdickungsring und mit ihm entstehen die ersten Gefäſsbündel, deren Cambium aber nicht in letzterem verbleibt und also nicht, wie bei den Dicotyledonen, einen Theil desselben bildet, weshalb sie sich auch nicht aus ihrer Mitte als ein Ganzes fortbilden können, sich dagegen durch seitliche Verzweigung innerhalb des Verdickungsringes vermehren. Der Querschnitt solcher Stämme (Fig. 25. S. 27) zeigt deshalb scheinbar zerstreute, d. h. nicht unter sich zusammenhängende Gefäſsbündel; es fehlt ein wirklich geschlossener Holzring und mit ihm die scharfe Begrenzung des Markes, durch die Markscheide der Dicotyledonen gebildet, es fehlen ferner die eigentlichen Bastschichten in der durch den Verdickungsring entstandenen (secundären) Rinde. Jeder Gefäſsbündelzweig zeigt dagegen auf dem Querschnitt alle seine Elemente zu einem Ganzen vereinigt; in der Mitte liegt das Cambium von Gefäſsen, desgleichen von Holz- und Bastzellen umgeben (Fig. 27. S. 28); ein solches Gefäſsbündel wächst selbst nicht mehr in die Breite, es ist gewissermaſsen in sich selbst abgeschlossen. Mit der Dickenzunahme des Stammes vermehrt sich dagegen auch die Zahl der geschlossenen Gefäſsbündel, welche sich sowohl seitlich als nach der Richtung der Rinde durch Theilung der bereits vorhandenen Bündel vermehren. — Den innerhalb des Verdickungsringes liegenden Theil solcher Stämme kann man, wenn das die zahlreichen Gefäſsbündel trennende Parenchym verholzt, obschon kein scharf umgrenztes Mark vorhanden ist, als monocotyledonen Holzring bezeichnen (beim Drachenbaum und bei vielen Palmen), auch liegen die jüngsten Gefäſsbündel immer in der unmittelbaren Nähe des Verdickungsringes. In der Rinde einiger Monocotyledonen verlaufen auſserdem noch Gefäſsbündel, welche nur bastartige Zellen enthalten und mit den anderen in die Blätter übertreten (Pandanus, Chamaedorea).

Fig. 77.

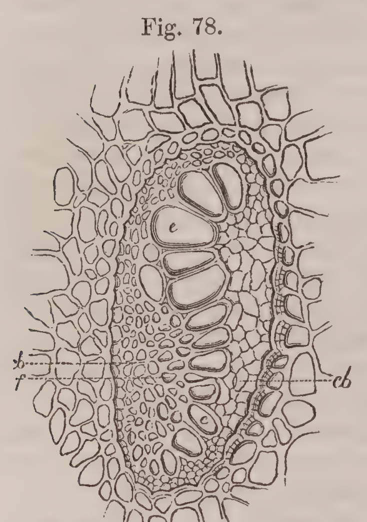


Bei den baumartigen Farrn scheint der Verdickungsring sehr bald unthätig zu werden; ihr Stamm verdickt sich deshalb nur für kurze Zeit. Die Gefäſsbündel sind hier als mächtige Gruppen im Verdickungsring entstanden (Fig. 77) und nach beiden Seiten von

Fig. 77. Querschnitt eines tropischen Farrnstammes. *a* u. *b* Schichten verholzter, sehr fester Zellen, welche das Gefäſsbündel (*c*) umgeben; 1—5 die Kissen oder Grundtheile der bereits abgeworfenen Wedel; 1 der höchste, jüngste Wedel; 5 der tiefste, älteste Wedel des gezeichneten Querschnittes (natürliche Gröſse).

stark verholzten, dunkel gefärbten Zellen umgrenzt. Im centralen Mark verlaufen bei einigen Arten kleinere, sehr zahlreiche Gefäſsbündel. Die Stellung der groſsen Gefäſsbündelgruppen aber wird durch den Austritt der Gefäſsbündel zu den Blättern (Wedeln) veranlaſst, und selbst die im Mark befindlichen kleineren Gefäſsbündel treten in bestimmter Weise mit zu ihnen hinüber. Die Gefäſsbündel der Farrn, so wie der Kryptogamen überhaupt, charakterisiren sich dadurch, daſs ihr Cambium die Gefäſszellen umgiebt (Fig. 78), und daſs die eigentlichen Holzzellen und die Bastzellen fehlen. Während die Farrnkräuter und die Kryptogamen überhaupt ihren Stamm nicht mehr verdicken, besitzt das Brachsenkraut unserer Landseen (Isoëtes lacustris), als einzige bis jetzt bekannte Ausnahme, einen fortdauernd thätigen Verdickungsring, der aber nur nach auſsen hin wirksam ist und deshalb fortdauernd Rinde bildet, dagegen den inneren Theil des Stammes nicht verdickt. Die Rinde aber stirbt, während sie von innen her nachgebildet wird, von auſsen her ab, so daſs der kurze Stamm seinen Umfang dennoch kaum verändert.

Fig. 78.



Aber nicht in allen Fällen verdickt sich der Stamm der Dicotyledonen in der S. 94 beschriebenen Weise. Unsere Runkelrübe (Beta vulgaris) z. B. zeigt auf dem Querschnitt ihrer Wurzel scheinbar Jahresringe, die aus Gefäſsbündelkreisen bestehen, welche von einander durch Nahrungsgewebe (Parenchym) getrennt sind. Bei Phytolacca dioica, welche in Südspanien hohe Bäume bildet und ihrer dichten Krone halber Bella sombra genannt wird, bei den Chenopodiaceen, die in der Kyrgisensteppe baumartig auftreten, ferner bei den Menispermum-Arten und den Cycadeen wiederholt sich dieselbe Erscheinung mehr oder weniger verändert. Ein Gefäſsbündelring folgt hier dem andern und ist die Zahl der Gefäſsbündel des jüngeren, äuſseren Ringes in der Regel etwa doppelt so groſs, als die des vorhergehenden älteren

Fig. 79.

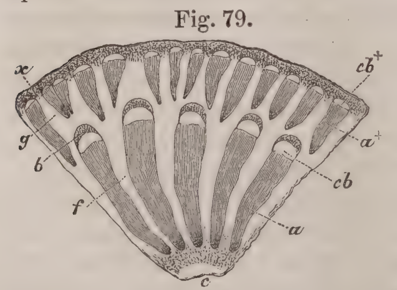


Fig. 78. Querschnitt durch ein Gefäſsbündel des Wedels vom Adlerfarrn (Pteris aquilina). *cb* Cambiumzellen; *e* weite Treppengefäſse; *f* enge, spiralförmig verdickte Gefäſse (150 mal vergröſsert).

Fig. 79. Partie aus dem Querschnitt durch einen mehrjährigen Stamm von Cocculus

Kreises (Fig. 79). Die Runkelrübe und die Phytolacca bilden nun in einem Sommer eine Menge solcher Gefäfsbündelkreise; die Menispermum-Arten, desgleichen Cycas bedürfen dagegen zur Bildung jedes Gefäfsbündelringes mehrerer Jahre. Bei den Bignoniaceen, welche zu den Lianen des Tropenwaldes gehören, ist das Dickenwachsthum des Stammes noch eigenthümlicher, indem hier, nachdem zuerst ein normal gebildeter dicotyledoner Holzring angelegt worden, meistens an vier, sich auf dem Querschnitt gegenüber liegenden, Orten, die Holzerzeugung aufhört und durch Rindenbildung ersetzt wird, so dafs der Holzkörper auf dem Querschnitt einem Kreuze gleicht und dennoch der Stamm walzenförmig verbleibt (Fig. 80). Bei fortdauernder Stammverdickung bilden sich dann bei einigen Arten ebenso regelmäfsig neue Rindenstrahlen, die auf dem Querschnitt die zierlichsten Zeichnungen hervorrufen (Fig. 81). Bei den Paullinia- und Serjania-Arten, ebenfalls Lianen, finden sich endlich um einen centralen Hauptstamm in regelmäfsiger Anordnung parallel mit ihm verlaufende Seitenzweige, deren jeder seine eigene Rinde besitzt, die durch Parenchym mit der Rinde des anderen verbunden ist (Fig. 82).

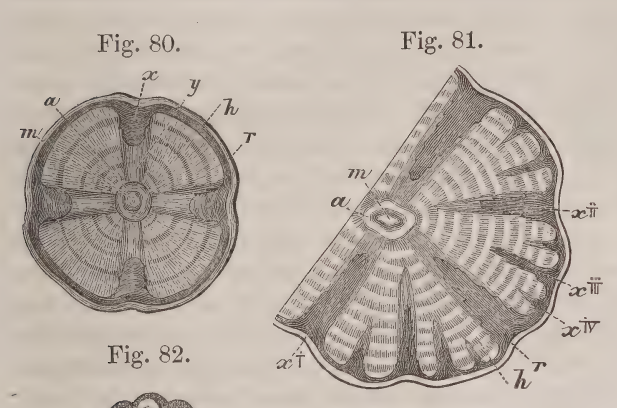


Fig. 80. Fig. 81. Fig. 82.

Die Gestalt des Stammumkreises ist entweder von der Art seines Entstehens aus der Knospe, oder von der Weise, in welcher sich derselbe

laurifolius. a Die Holzbündel des innersten Ringes, deren Cambium (cb) von einer Bastgruppe in Form eines Halbringes (b) umgrenzt wird. a^{+} die Holzbündel des zweiten Ringes, deren Cambium (cb^{+}), wie in allen nunmehr folgenden Ringen, keine Bastzellen erzeugt hat; c das Mark; f ein primärer Markstrahl; g ein Markstrahl zwischen den Holzbündeln des zweiten Ringes; x die Rinde (5 mal vergröfsert). (Man vergl. Fig. 26. S. 28.)

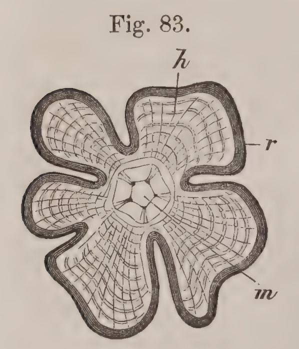
Fig. 80. Querschnitt durch den Stamm einer nicht sicher bestimmten Bignonia. m Das centrale Mark; a der innerste Theil des Holzringes; h Holzkörper mit scheinbaren Jahresringen; y ein vom allgemeinen Holzkörper im Bau und Anordnung seiner Theile nur wenig abweichendes Holzgewebe; x ächtes Rindengewebe, welches der nur schmalen Rinde r in allen seinen Theilen entspricht (Natürl. Gröfse).

Fig. 81. Querschnitt durch den Stamm einer anderen Bignonia. m Das Mark; a ältester Holzring; h Holzkörper; r Rinde; x_{I} erste Zerklüftung des Holzkörpers durch Rindenbildung; x_{II}—x_{IV} aufeinander folgende Zerklüftungen (Natürl. Gröfse).

Fig. 82. Querschnitt durch den Zweig einer Paullinia. a Der Hauptstamm, von 7 Seitenstämmen (b u. h) umgeben; r Rinde (Natürl. Gröfse).

fortbildet, abhängig. Es giebt demnach walzenförmige, kantige, geflügelte, ja sogar flächenartige Stämme oder Stammtheile, wofür die Cacteen- und tropischen Euphorbia-Arten fast alle Formen repräsentiren. Die Mehrzahl unserer Bäume hat walzenförmige Stämme und Zweige. Eine ungleichseitige Ausbildung des Holzringes, deren Ursachen ich S. 98 gedachte, ändert indefs auch hier mehr oder weniger an der regelmäfsigen Gestalt. Viele tropische Bäume besitzen dagegen kantige Stämme (Cassia quinqueangulata nach H. Crügers Untersuchungen*) (Fig. 83); auch der Stengel unserer Brennessel ist kantig und der Stengel vieler Lippenblüthler (Labiaten) erscheint kantig und geflügelt. Das merkwürdigste Beispiel eines flächenartigen Stammes bietet vielleicht Heritiera Fomes, ein tropischer Baum, dessen Stamm, anfänglich walzenfömig, sich später nur nach zwei entgegengesetzten Seiten verdickt, und somit gewissermafsen eine von einer schmalen Rinde begrenzte natürliche Diele bildet. Ich untersuchte einen Stamm dieser Pflanze, der nach der einen Richtung etwa $1\frac{1}{2}$ Fufs, nach der anderen dagegen nur 4 Zoll breit war. Plattgedrückte, der Klinge eines Säbels ähnliche Zweige entwickeln einige Bäume bisweilen krankhafter Weise. Bei der Weide, auch bei der Kiefer und der Clethra arborea, einer baumartigen Pyrola-Art, sah ich solche Mifsbildungen, welche bei der Myrte unserer Gewächshäuser ebenfalls nicht selten sind. Auch der hahnenkammartige Blüthenstand der Celosia (einer Amaranthus-Art) ist eine derartige Mifsbildung des Blüthenstengels. Flächenartige Stengel finden wir endlich, in normaler Weise, bei den Ruscus-Arten, desgleichen bei einigen Euphorbien (Phyllanthus) und Cacteen.

Fig. 83.



Die Flachstengel von Ruscus entstehen in der Achsel wahrer Blätter, nach der Weise ächter Stammknospen an einem walzenförmigen Stamme oder Zweige. Die junge Knospe des Flachstengels hat ihren Vegetationskegel, sie bildet, kaum angelegt, ein Blatt oder mehrere Blätter, in deren Achsel, ebenfalls sehr frühe, die Knospe des Blüthenstandes auftritt. Die Anlage des flächenartigen Zweiges ist um diese Zeit kaum flächenartig zu nennen; der Theil, welcher das Blatt und die Knospe des Blüthenstandes bildete, hat auch seinen Verdickungsring, in welchem Gefäfsbündel, kreisförmig geordnet, liegen. Nachdem sich aber das Blatt und die Knospe gebildet, stirbt der Vegetationskegel des Flachstengels ab und seine Spitze verlängert sich darauf zunächst durch die Ausdehnung der vorhandenen Zellen, während die Seiten des Zweiges sich flächenartig ent-

Fig. 83. Durchschnitt des Stammes von Cassia quinqueangulata. *m* Mark; *h* Holz; *r* Rinde. Die Holzbildung ist an bestimmten Stellen des Umkreises zurückgeblieben (Nat. Gr.).

*) Botanische Zeitung 1851. Taf. VII. Fig. 20—22.

wickeln und so die Blattgestalt desselben veranlassen. Die Oberhaut beider Seiten ist hier gleichartig ausgebildet; an beiden Seiten finden sich Spaltöffnungen, während die Oberhaut der wirklichen Blätter von Ruscus nur an der Unterseite mit selbigen versehen ist. Die flachen Endzweige eines solche Flachstengel tragenden walzenförmigen Astes entstehen direct aus dem Vegetationskegel des letzteren, der sich häufig theilt, weshalb dieselben oftmals mit zwei oder drei Spitzen endigen, ihnen fehlt auch das bald vertrocknende wirkliche Blatt, in dessen Achsel die übrigen Flachstengel aus Achselknospen entstanden sind. Die Blüthen entwickeln sich bei der einen Ruscus-Art an der Ober-, bei der anderen an der Unterseite des Flachstengels, und bei dem auf Madeira einheimischen Ruscus androgynus längs des Randes, der eine ganze Reihe kleiner schuppenartiger Blätter trägt, aus deren Achsel die Blüthenknospen hervorgehen. — Ruscus besitzt demnach zweierlei Stammarten. Der walzenförmige Stamm, dessen Vegetationskegel längere Zeit thätig bleibt, bildet Blätter, in deren Achseln Stammknospen entstehen, welche entweder einen walzenförmigen oder einen flächenartigen Zweig ausbilden. Die erste Art der Zweige bildet wieder Blätter, in deren Achseln Flachstengel entstehen; die andere Art dagegen wird selbst zum Flachstengel; letzterer aber entwickelt nur solche Blätter, in deren Achsel die Blüthen auftreten. Weil aber die Endknospe des cylindrischen Zweiges von Ruscus endlich selbst zum Flachstengel wird, so kann auch dieser Zweig nicht weiter wachsen und neue Schöſslinge des Wurzelstockes treten, wie beim Spargel, im Frühling aus der Erde hervor.

Ripsalis Swarziana, eine Cactus-Art mit flächenartigem Stamm, trägt ihre gelblich weiſsen Blüthen in den Kerben des letzteren, wo vertrocknete Schüppchen die Ueberbleibsel kümmerlich entwickelter Blätter bezeichnen. Ein starker Mittelnerv, von welchem Seitennerven zu den erwähnten Kerben verlaufen, durchzieht den flächenartigen Stengel. Der Mittelnerv zeigt auf dem Querschnitt einen schön entwickelten Verdickungsring, dessen Gefäſsbündel, in normal dicotyledoner Weise, als Holzring angeordnet und mit einem Basttheil versehen sind. Auch die Seitennerven bekunden eine ähnliche Anordnung; ihre Gefäſsbündel verlieren sich, sowohl am Ende des flächenartigen Stengels als an den Kerben desselben, in ein fortbildungsfähiges Gewebe. Bei jungen Stengeln trägt sowohl das Ende als auch jede Kerbe einen Vegetationskegel, der aber häufig abstirbt, in welchem Falle sich statt seiner späterhin Nebenknospen bilden. Das Ende eines älteren Stengels kann deshalb sowohl einen als auch zwei und drei junge Stengel entwickeln, wie gleichfalls aus den Kerben des Randes sowohl einzelne als auch mehrere Blüthen dicht neben einander hervortreten. Der flächenartige Stengel von Ripsalis entspricht gewissermaſsen einem Ast mit Seitenzweigen, welche durch ein flächenartig ausgebreitetes Rindengewebe verbunden sind. Die Oberhaut beider Seiten ist gleichartig entwickelt und für beide mit Spaltöffnungen versehen. — Der Cochenille-Cactus (Opuntia Ficus indica), wie die Opuntien überhaupt, besteht aus lauter flachen Glieder-

zweigen, welche ohne alle Regelmäſsigkeit in der wunderbarsten Unordnung aus Achselknospen älterer Zweige entstanden sind und so auf den Canaren oftmals über 20 Fuſs hohe baumartige Exemplare bilden.

Nachdem wir das Dickenwachsthum und die Gestalt des Stammumkreises und des Zweiges betrachtet, wenden wir uns jetzt dem Höhenwachsthum zu. Stamm und Zweige verlängern sich durch ihre Endknospe. Wenn die letztere fortwährend thätig bleibt, so wachsen Stamm und Zweige ohne Unterbrechung, wie dies bei einigen tropischen Pflanzen vorkommt. In unserer Zone dagegen wird sowohl das Höhenwachsthum als auch das Wachsthum im Umkreis des Stammes durch klimatische Verhältnisse periodisch beschränkt oder gänzlich aufgehoben. Die Endknospe unserer Bäume schlieſst sich, d. h. sie bildet die unter ihrem Vegetationskegel angelegten Blätter nicht mehr als Laubblätter, sondern als Deckschuppen aus, deren Stengelglieder sich nicht verlängern, so daſs die Kreise der Deckschuppen dicht über einander liegen; mit der Bildung der letzteren aber hört auch die Verlängerung des Triebes auf. Der Trieb des Jahres verlängert sich deshalb nur so lange, als seine Knospe ungeschlossen ist; sobald dagegen seine Blätter ausgebildet sind und seine Endknospe sich geschlossen hat, ist auch sein Längswachsthum beendigt und es entstehen von nun ab die anders und stärker verdickten Zellen des Holzringes, welche, einmal angelegt, sich nicht mehr oder nur sehr wenig verlängern können. Die älteren Theile des Stammes oder Zweiges verlängern sich deshalb nicht mehr und ist das fernere Längswachsthum der letzteren einzig und allein auf die Thätigkeit ihrer Endknospe angewiesen. Die junge Tanne bildet im ersten Lebensjahre nur einen kurzen, kaum eine Linie langen Trieb, im zweiten Jahre dagegen schon einen zolllangen Schuſs und im dritten Jahre einen doppelt so langen Trieb; zugleich entstehen auch Seitentriebe, deren Länge jährlich zunimmt, während das Höhenwachsthum des Haupttriebes etwa bis zu zehn oder zwölf Jahren unterdrückt bleibt. Das zwei bis drei Fuſs hohe Bäumchen macht darauf fast plötzlich einen fuſslangen Haupttrieb und setzt diese Wachsthumsweise viele Jahre fort, sich zum hohen Baum erhebend, dessen Höhenwachsthum erst mit 80—100 Jahren abnimmt. Auch die Fichte bildet erst mit 10—12 Jahren kräftige Höhentriebe. Das Alter eines jungen Stammes oder eines Zweiges erfährt man nun bei den Nadelbäumen durch die stehengebliebenen Knospenschuppen und bei den Laubbäumen, zwar weniger deutlich, durch die verkürzten Stengelglieder, welche die Deckschuppen der geschlossenen Knospe getragen haben.

Wenn ein Baum viel Zweige bildet und dieselben kräftig wachsen, so bleibt das Höhenwachsthum des Hauptstammes in der Regel zurück. Die junge Tanne und Fichte wächst, wie wir soeben gesehen, etwa bis zum zwölften Jahre wenig in die Höhe, indem die Kraft des Baumes sich zunächst der Zweigbildung zuwendet, später dagegen ändert sich dies Verhältniſs und der Stamm schieſst mächtig in die Höhe. Die Palmen, welche

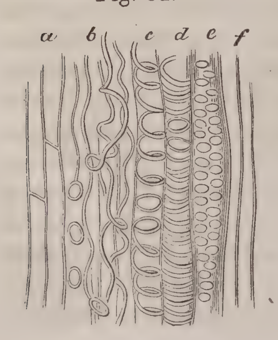
keine Zweige bilden, streben, wie lange Säulen himmelwärts. Unsere Waldbäume wachsen im dichten Bestand höher und gerader, indem ihr Hauptstamm auf Kosten der Seitentriebe (Zweige) die sich weniger gut ausbilden können, in die Höhe eilt. Ein Baum aber, der seinen Haupttrieb verloren hat und der keinen Zweig zu dessen Ersatz ausbildet, wächst nicht mehr in die Höhe, wofür unsere Kopfweiden ein Beispiel geben, indem sie aus einem Stecklinge ohne Endknospe erzogen und alle paar Jahre neu gekappt, keine starken Aeste, bilden können, dafür aber um so reichlicher Zweige zu Buschholz entwickeln. Die Fichte, Tanne, Lerche und Kiefer, welche auf einen Haupttrieb angewiesen sind, bleiben krüppelig, wenn ihnen derselbe genommen wird und sie ihn nicht ersetzen können; allein in der Regel wird alsdann eine Knospe unterhalb der verlorenen Spitze als neuer Haupttrieb ausgebildet, viel seltener entstehen zwei oder mehr aufwärts strebende Triebe, wodurch der Stamm gabelig erscheint. Im Forstrevier Katzhütte (Fürstenthum Schwarzburg-Rudolstadt) steht eine vielleicht zweihundertjährige Fichte, deren sehr starker Stamm in einer Höhe von etwa zwanzig Fuſs neun mächtige Haupttriebe gebildet hat, deren jeder, von den benachbarten um mehrere Fuſs entfernt, senkrecht in die Höhe steigt, so daſs der Baum einem neunarmigen, mit hohen Kerzen besetzten Kirchenleuchter gleicht und ebenso steht in der Nähe des alten Schlosses Baden (Schwarzwald) eine gabelig getheilte Tanne. — Auch die Fichte schickt, wenn sie, zu Hecken benutzt und schlecht unter der Scheere gehalten wird, zahlreiche Haupttriebe hervor; die Kiefer dagegen kann nur in der ersten Jugend den verlorenen Haupttrieb ersetzen, von den Schafen zerbissen, bleibt sie als niedriger Busch, wogegen die Lerche, nach Pfeil, sehr leicht durch Knospenbildung den verlorenen Haupttrieb ersetzt und deshalb Beschädigungen leichter als die anderen Nadelhölzer überwindet.

Das Höhenwachsthum eines Stammes beruht also, wie wir gesehen, auf der Verlängerung durch die Endknospe, welche alljährlich einen neuen Trieb erzeugt, dessen Stengelglieder sich ausdehnen. In derselben Weise wächst nun auch der Zweig durch seine Endknospe. Die Verlängerung des Stammes, sowie eines jeden Zweiges ist deshalb von seiner Endknospe abhängig; sobald ihr Leben träger wird, nimmt das Höhenwachsthum des Stammes oder das Längswachsthum des Zweiges ab, und sobald sie abstirbt oder in irgend welcher Weise verloren geht, hört die Verlängerung des betreffenden Theiles gänzlich auf. K e i n a u s g e b i l d e t e r T r i e b e i n e s B a u m e s v e r l ä n g e r t s i c h m e h r; der junge Trieb aber wächst durch die Ausdehnung seiner Stengelglieder, welche wie die Blätterbildung von unten nach oben erfolgt, so daſs das unterste Stengelglied am ersten anfängt aber auch am frühesten aufhört sich zu strecken, wogegen das letzte am längsten dehnbar ist. Fast bei allen Laubhölzern nimmt deshalb die Länge der Stengelglieder eines Jahrestriebes mit der Höhe zu, was durch die Bildung des Holzringes von unten nach oben seine Erklärung

findet, weil das Auftreten wirklicher Holzzellen und getüpfelter Gefäſse der Verlängerung des betreffenden Theiles ein Ende macht. Sobald nun auch das letzte Stengelglied seinen Holzring erhalten hat, ist das Wachsthum des Triebes beendigt, die Bildung des Herbstholzes beginnt und die Knospe schlieſst ihren Vegetationskegel. — Der Haupttrieb der Kiefer macht im Frühjahr innerhalb einer Woche nicht selten einen zwei Fuſs langen Schuſs, welcher, schwach gelb gefärbt, aus seiner Knospe, die ihn im Herbst angelegt hatte, hervortritt und seine zarten, saftigen, noch sehr kurzen Zellen rasch verlängert. Wenn dieser Schuſs seine Länge beinahe erreicht hat, beginnt durch den Verdickungsring die Bildung des Holzringes, worauf das Längswachsthum bald beendigt ist. Das Auftreten stark verholzter und nicht mehr der Verlängerung fähiger Zellen hebt überhaupt bei allen Pflanzen die Verlängerung des betreffenden Theiles auf. Die Stengelglieder des Drachenbaumes verlängern sich deshalb nur so lange als ihre Stengelglieder noch Gefäſsbündel ohne Holzzellen bilden, und selbst beim Spargel hört mit dem Erscheinen verholzter Zellen auch die Verlängerung der betreffenden Stengelglieder auf.

Die Spiral- und Ringgefäſse (S. 24) sind die ersten Bildungen im Gefäſsbündel eines neuen Stengelgliedes oder eines neuen Pflanzentheiles, dieselben entstehen zu einer Zeit, wo sich der letztere noch verlängert und wachsen mit ihm in die Länge, deshalb findet man in allen Stengeln, welche schnell wachsen, so lange sich dieselben überhaupt noch strecken, nur diese beiden Formen der Gefäſszellen, und kann sich durch vergleichende Untersuchung der jüngeren und älteren Stengelglieder von der Verlängerung derselben leicht überzeugen, indem man in den jüngsten Stengelgliedern kurze Gefäſszellen mit einander genäherten Ringen oder Bändern, in den älteren und längeren Stengelgliedern aber dieselben Gefäſszellen verlängert und mit entfernten Ringen und Bändern wiederfindet, auſserdem aber neu entstandene Gefäſse aus kürzeren und weiteren Zellen bestehend und mit weniger entfernten Bändern antrifft, während mit dem Aufhören der Verlängerung der Stengelglieder noch kürzere Gefäſszellen mit netzförmiger Verdickung erscheinen, welche bei den dicotyledonen Pflanzen zuletzt den getüpfelten Gefäſsen Platz machen, mit denen gleichzeitig auch die eigentlichen Holzzellen auftreten und somit die Bildung des Holzringes stattfindet. Die genannte Reihenfolge der Zellenformen vom Ring- und Spiralgefäſs mit weit entfernter Windung zum getüpfelten Gefäſs kann man in jedem Stengel monocotyledoner Pflanzen (Orchideen) (Fig. 84) und in jedem jungen Zweige (Eiche, Buche) wahrnehmen. Das Spiral- und Ringgefäſs kann sich aber, da seine Wand nur stellenweise verdickt und verholzt ist, noch sehr wohl verlängern, indem sich die nur schwach

Fig. 84.



verdickten Stellen der Wand zwischen den Ringen oder den Windungen des Spiralbandes ausdehnen und so die Windungen des letzteren auseinanderziehen. Das netzförmige und getüpfelte Gefäfs dagegen, dessen verdickte Partieen in der Höhe unter sich zusammenhängen, so dafs sich diese nicht gleich den freien Ringen und den Windungen des Spiralbandes von einander entfernen können, kann auch ohne Zerreifsung nicht mehr wachsen. Mit ihrem Auftreten ist darum auch das Längswachsthum der Stengelglieder beendigt. Nun finden wir in der Markscheide, wie schon erwähnt, nur Ring- oder Spiralgefäfse, aber niemals netzförmige Gefäfse, niemals Treppen- oder Tüpfelgefäfse, welche erst mit den Holzzellen, sobald sich der betreffende Theil nicht mehr verlängert, erscheinen. — Wenn der junge Buchenzweig im Frühjahr seiner Knospe entschlüpft, so verlängern sich seine Stengelglieder innerhalb weniger Tage und der junge, noch sehr weiche Zweig, dessen Markscheide nur Ring- und Spiralgefäfse enthält, hängt unter der Last der sich entfaltenden Blätter bogenförmig herab, erhebt sich aber bald, weil mit dem Aufhören der Verlängerung in den Stengelgliedern und zwar nach ihrer Altersfolge, also von unten nach oben, die Bildung des Holzringes mit den ihm eigenthümlichen verholzten Zellenarten stattfindet. In den Gefäfsbündeln der Blätter, deren weitere Fortbildung mit dem Wachsthum des Blattes überhaupt aufhört, findet man deshalb nur Ring- und Spiralgefäfse; die Holzzellen aber, welche mit ihnen im Gefäfsbündel vorkommen verdicken sich erst, wenn das Wachsthum des Blattes beendigt ist.

Fig. 85.



Zweige, deren Stengelglieder sich nicht verlängern, bleiben kurz. Die Blätterbüschel der Lerche und der Ceder, die von einer Scheide umgebenen Doppelnadeln unserer Kiefer sind verkürzte Zweige, weil deren Stengelglieder sich nicht entwickelt haben. Die Blätterbüschel der Lerche (Fig. 85) entstehen aus Knospen, welche sich im Jahre vorher in der Achsel der einzeln stehenden Nadeln des jährigen Triebes gebildet haben und die selbst mehrere Jahre hinter einander Blätter-

Fig. 84. Längsschnitt durch ein Gefäfsbündel aus dem Centrum des Stengels von Limodorum abortivum. *a* Das innere Gewebe des Stengels; *b, c, d, e* Zellen des Gefäfsbündels, welche sich im Alter folgen; *f* Cambiumzellen (300 mal vergröfsert).

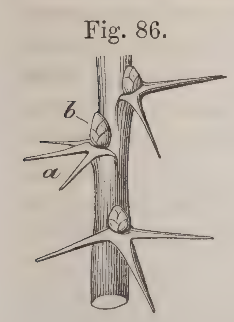
Fig. 85. Ein Zweig der Lerche (Larix europaea). *a* Eine Knospe, die nicht zur weiteren Ausbildung gekommen ist; *b* ein Zweig mit verkürzten Stengelgliedern; *c* ein ähnlicher Zweig, welcher aber, statt sich wie bei *b* durch Bildung von Knospenschuppen zu schliefsen, später den Zweig (*d*) mit verlängerten Stengelgliedern getrieben hat.

büschel, d. h. Zweige mit verkürzten Stengelgliedern, treiben, aber auch schlanke Zweige mit verlängerten Stengelgliedern ausbilden können, was bei der Ceder des Libanon und unter den Laubhölzern bei der Berberitsche und der Stachelbeere in ähnlicher Weise wiederkehrt. Bei der Kiefer entsteht die Knospe, welche die bescheidete Doppelnadel entwickelt, im Herbst in der Achsel eines einzeln stehenden, schuppenförmigen Blattes. Wenn nun der junge Trieb, an welchem diese Knospe entstand, im Frühjahr hervorschiefst, so ist das erwähnte Blatt bereits abgestorben und die in seiner Achsel gelegene Knospe entwickelt ihre beiden schon im Herbst angedeuteten Doppelnadeln, die von häutigen Blättern scheidenartig umgeben sind, welche die eigentlichen Deckschuppen der Nadelknospe vorstellen, während das Schuppenblatt, in deren Achsel die letztere liegt, als Deckschuppe für die Gesammtknospe, aus welcher sich der neue Trieb entwickelt, diente. Bei unserer Kiefer ist der Vegetationskegel zwischen den beiden Doppelnadeln nur sehr schwach entwickelt (Fig. 50. S. 54), auch stirbt derselbe in der Regel mit der Ausbildung der Nadeln und treibt deshalb nicht, gleich der Lerche, in den folgenden Jahren weiter, entwickelt auch nur in seltenen, abnormen, Fällen später einen schlanken Zweig, dessen Bildung bei der canarischen Kiefer indessen nicht ungewöhnlich ist. Bei der Lerche dagegen schliefst sich der Vegetationskegel des verkürzten Zweiges alljährlich in normaler Weise, um im kommenden Jahr einen neuen Blätterbüschel, oder einen schlanken Zweig, oder gar einen Blüthenstand zu bilden. Auch zeigt die Lerche gar nicht selten directe Uebergänge von der einen Zweigart in die andere, indem der Vegetationskegel eines sich im Frühjahr als Blätterkranz entwickelnden Zweiges, statt sich zu schliefsen, im Sommer durch Bildung neuer Stengelglieder, die sich verlängern, zum schlanken Zweig auswachsen kann (Fig. 84 *d*). Man überzeugt sich hier, dafs die Nadeln der Blätterbüschel den einzeln stehenden Nadeln der jungen Zweige vollkommen entsprechen und auch im anatomischen Bau durchaus dieselben sind. Aber nur in der Achsel der einzeln stehenden Nadeln des jungen Lerchenzweiges erscheint eine Knospe; die Nadeln der Blätterbüschel haben zwischen sich keinen Platz um solche zu bilden. Aufser unserer Kiefer, der Pinie (Pinus Pinea), dem Knieholz (Pinus Pumilio) u. s. w., deren verkürzter Zweig zwei Nadeln entwickelt, bringt Pinus canariensis verkürzte Zweige mit drei, oftmals mehr als fufslangen Nadeln, und Pinus Strobus trägt verkürzte Zweige mit vier, Pinus Cembra solche mit fünf Nadeln, die wie bei der gemeinen Kiefer, auch bei allen ächten Pinus-Arten von einer Scheide häutiger Deckschuppen umfafst sind. Wie durch den Bau dieser verkürzten Zweige, welche bei Abies und Picea fehlen, ist auch das Holz der ächten Kiefer-Arten im Bau seiner Markstrahlen von allen übrigen Nadelhölzern verschieden (Abschn. VII). In der Natur steht Alles mit einander im Zusammenhang; allein wir können in sehr vielen Fällen, und so auch hier, nur Uebereinstimmungen oder Abweichungen im Bau bestimmter Pflanzen erkennen, die Beziehungen der anatomischen

Verhältnisse zu der äuſseren Erscheinungsweise aber nur gar selten nachweisen.

Auſser der schon genannten Berberitsche und der Stachelbeere, bei welchen ein verkürzter Zweig als Blätterbüschel in der Achsel eines dornartig ausgebildeten Blattes entsteht (Fig. 86), sind auch der Buche und einigen anderen Laubbäumen noch verkürzte Zweige eigen. Im Allgemeinen darf man überhaupt wohl annehmen, daſs die Endknospe eines schlanken Zweiges, wenn sie forttreibt, wieder einen schlanken Zweig entwickelt, die Achselknospen eines jährigen Triebes aber in den ersten Stengelgliedern, welche sich fast allgemein weniger als die folgenden verlängert haben, entweder gar nicht zur Ausbildung kommen, oder nur kurze Zweige entsenden, während die höher gelegenen Knospen in ziemlich regelmäſsiger Progression mehr Blätter tragen und ihre Stengelglieder mehr verlängern, wofür die Weiſsbuche (Carpinus Betulus) ein treffliches Beispiel liefert. Die Kurztriebe (Zweige mit verkürzten Stengelgliedern) aus den Achselknospen eines Langtriebes (Zweig mit verlängerten Stengelgliedern) wachsen bei der Rothbuche (Fagus silvatica) jahrelang als solche weiter.

Fig. 86.



Junge Triebe, deren Stengelglieder sich verlängern, werden das, was wir dem Sprachgebrauche nach Zweige nennen. Wenn die Endknospe eines solchen Zweiges alljährlich von neuem treibt und in der Achsel der entstandenen Blätter oder an beliebigen Stellen neue Knospen entstehen, welche ihrerseits wieder Zweige bilden, so wird der Zweig allgemach zum Ast. Derselbe verdickt sich durch seinen Verdickungsring, verlängert sich durch seine Endknospe und verzweigt sich durch neu entstandene Seitenknospen. Das Entstehen der Knospen an bestimmten Stellen des Stammes oder Zweiges nun und die Art ihrer ferneren Ausbildung ist bei jeder Baumesart verschieden. Die Tracht eines jeden Baumes, ja einer jeden höheren Pflanze aber wird zunächst durch das gesetzmäſsige Verhältniſs seiner Aeste und Zweige zum Stamme hervorgerufen, wofür unsere wichtigeren Nadelhölzer als Beispiele dienen mögen*).

Die Tanne (Abies pectinata) bildet zunächst am Ende des jährigen Triebes Knospen, ihre Zweige entspringen deshalb fast sämmtlich unter einem Schuppenansatz. Der Haupttrieb macht zwei bis fünf, selten mehr Stammknospen, und die aus ihnen entstandenen Zweige sind anfangs etwas nach aufwärts gerichtet, wachsen aber später, fast wagerecht vom Stamm

Fig. 86. *a* Die 3 Dornen bei der Stachelbeere (Ribes grossularia), welche aus einem Blatte und seinen beiden Nebenblättern entspringen; *b* die Achselknospe.

---

*) Wigand hat in seinem Buche: „Der Baum," 1852, die Art der Verzweigung, überhaupt die morphologischen Verhältnisse der Bäume ausführlich besprochen.

abstehend, weiter. Jeder Zweig bildet unmittelbar unter seiner Endknospe zwei wagerechte und sich gegenüber liegende Seitenknospen, welche im Frühjahr, wenn der Trieb der Endknospe den Zweig verlängert, zwei neue Seitenzweige bilden. Die paarig sich gegenüber liegenden Seitenzweige der Tanne entspringen deshalb immer unterhalb des Schuppenansatzes. Alle diese Zweige liegen wagerecht; nur die Blüthen der Tanne entstehen aus Knospen, die nicht unter einem Schuppenansatz, vielmehr auf der Mitte des jährigen Triebes erscheinen. Der weibliche Blüthenstand, der Zapfen, entsteht einzeln auf der Oberseite eines Zweiges, die männlichen Blüthen entwickeln sich dagegen aus Knospen, welche gesellig an der Unterseite des jährigen Zweiges entstehen; sie hängen später abwärts, während der Zapfen aufwärts wächst. Nur selten entwickeln sich Zweige aus der Mitte eines Triebes, welche dann immer einzeln auftreten. Man kann deshalb, selbst wenn die Schuppenansätze längst verschwunden sind, aus der Zahl der paarig stehenden wagerechten Seitenzweige das Alter eines Astes erfahren. — Die Zweigbildung der Tanne entspricht genau der Zweigbildung der Mistel (Viscum) und unterscheidet sich von der letzteren nur dadurch, daſs bei der ersteren die Endknospe des Zweiges fortwächst, bei der letzteren dagegen zur Blüthe wird und deshalb nicht fortwachsen kann. Auch bei der Mistel zählt man das Alter eines Astes nach seinen paarigen Seitenzweigen (Fig. 63. S. 72). Bei den Thuja-Arten, welche zweizeilige Blätter haben, stehen auch die aus Achselknospen entstandenen Zweige zweizeilig und bilden ihrerseits wieder zweizeilige kleinere Zweige, wodurch die flächenartige Tracht derselben bedingt wird.

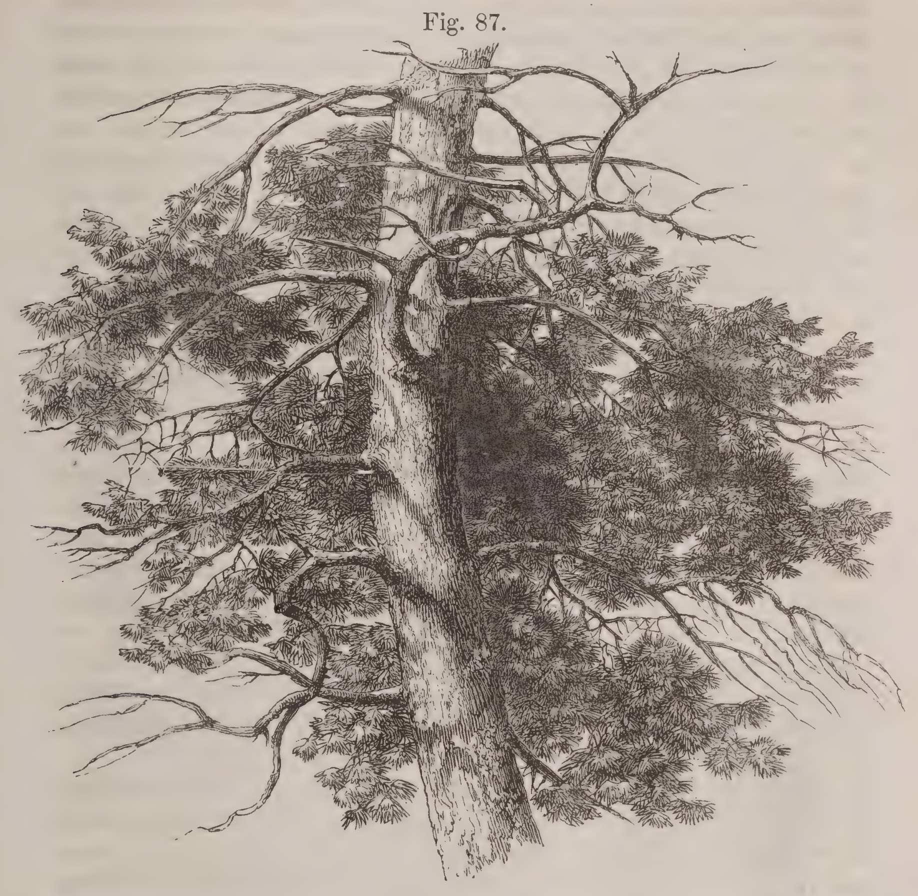
Der Tanne ähnlich bildet auch die Kiefer (Pinus silvestris) nur an der Spitze des Triebes Knospen, welche im kommenden Jahre einen Zweig entwickeln; die Zweige entspringen deshalb immer unterhalb eines Schuppenansatzes. Die Zahl der um die Endknospe entstehenden Seitenknospen beträgt in der Regel vier bis sechs, sie stehen rings um den Stamm oder Zweig. Haupt- und Seitentrieb unterscheiden sich bei der Kiefer nicht wie bei der Tanne durch die Zahl und Lage der entstehenden Knospen, indem der Zweig einer Kiefer oft eben so viel Seitenknospen als der Haupttrieb bildet; die Aeste stehen quirlförmig um den Stamm und die Zweige umgeben quirlförmig die Aeste. Der Quirl, den unsere Hausfrauen in der Küche benutzen, ist ein entrindeter Zweig der Kiefer, die Arme dieses Quirls sind dessen Seitenzweige, unter dem Quirlansatz*) entstanden. Nur der Haupttrieb der Tanne würde solche Quirle liefern können. Wenn die Kiefer normal fortwächst, so wiederholt sich diese Art der Zweigbildung eben so regelmäſsig, was jedoch selten der Fall ist (Fig. 86). Um die normale Zweigbildung der Kiefer zu studiren, muſs man junge, nicht unterdrückte, zehn- bis zwanzigjährige Bäume betrachten, deren Regelmäſsigkeit

---

*) Bei der Kiefer, wo die Zweige quirlförmig stehen, pflegt man den Schuppenansatz auch als Quirlansatz zu bezeichnen.

in der Ast- und Zweigbildung den Beobachter überraschen wird. Später verliert die Kiefer ihre unteren Aeste und Zweige, der Stamm wird astrein und die Krone entwickelt sich üppiger. Wenn der Haupttrieb

Fig. 87.



unterdrückt wird, erheben sich in der Regel mehrere Aeste, um ihn zu ersetzen. Die Kiefer ist derjenige Waldbaum, dessen Tracht sich zwar durch Verkümmerung angelegter Knospen und andere Umstände mannigfach verändert, dessen Haupteindruck dagegen, durch die Gesetze seines Wachsthums selbst geschrieben, unter allen Umständen derselbe bleibt; die Kiefer wird z. B. niemals die Zweigbildung der Tanne annehmen und dennoch ist sie im freien Wuchse ein ganz anderer Baum als im geschlossenen Bestande (Fig. 87). Unsere Kiefer bildet nur im krankhaften Zustande Nebenknospen z. B. am Hexenbesen (S. 118), oder wenn sie im jugendlichen Zustande von den Schafen zerbissen, d. h. ihrer Spitzen be-

Fig. 87. Mittelstamm der Kiefer (Pinus silvestris).

raubt wurde. Wenn der Kiefermarkkäfer den Baum befällt, so treibt der Vegetationskegel zwischen den Doppelnadeln bisweilen junge verlängerte Zweige, was bei der canarischen Kiefer immer geschieht, falls sie viel Aeste und Zweige verloren hat. Wenn die Keimpflanze, was in sehr günstigen Jahren und auf sehr günstigen Standorten einzeln vorkommt, schon im ersten Jahre Zweige bildet, so entstehen dieselben in der Achsel eines der einzeln stehenden Blätter und der junge Zweig trägt wieder einzeln stehende Nadeln. Im zweiten Lebensjahre entwickeln sich dagegen aus der Achsel der einzeln stehenden Nadeln des ersten Jahres immer verkürzte Zweige mit Doppelnadeln und mit dem dritten Jahre erfolgt die Bildung verlängerter Zweige unter dem Quirlansatz, während die Knospen in der Achsel der übrigen Deckschuppen sämmtlich als verkürzte Zweige ausgebildet werden. Junge Kiefern, die durch Feuer gelitten, verhalten sich nach Ratzeburg bisweilen ähnlich wie die Keimpflanze, indem sie Zweige mit Primordialblättern bilden, aus deren Achsel Doppelnadeln hervorgehen. Die Anlage der männlichen Blüthen unserer Kiefer entsteht schon im Herbst innerhalb der Knospe; der junge Trieb bildet Achselknospen, welche statt der verkürzten Zweige zu männlichen Blüthen werden (Taf. II. Fig. 14). Der weibliche Blüthenstand, der Zapfen, der Kiefer dagegen, entsteht erst im Frühjahr am Ende des jungen, mit Doppelnadeln bekleideten Triebes, seine Lage entspricht der eigentlichen, für das folgende Jahr bestimmten Zweigknospe; nach der Kräftigkeit des Zweiges bilden sich ein oder mehrere Zapfenanlagen, die gleich den eigentlichen Zweigknospen erst im kommenden Jahr ihre volle Entwickelung erreichen. (Ich besitze einen Zweig von Pinus silvestris, der unter einem Quirlansatz über 70 junge Zapfen trägt.) Die Zweig- und Fruchtbildung aller wahren Pinus-Arten, d. h. aller Nadelhölzer, welche zwei oder mehrere Nadeln aus einer Scheide entwickeln, scheint genau der Kiefer zu entsprechen (Taf. II. Fig. 1 u. 2).

Die Fichte (Picea vulgaris Link) verzweigt sich der Tanne ähnlich; ihr Haupttrieb ist quirlartig von Aesten umgeben und ihre Zweige bilden in der Regel unter jedem Schuppenansatz nach jeder Seite hin einen neuen Zweig, sie ist aber nicht wie die Tanne und Kiefer auf diese Zweigbildung unterhalb des Schuppenansatzes allein beschränkt. In der Achsel jeder Nadel kann bei ihr eine Knospe entstehen, welche im kommenden Jahre einen Zweig entwickelt, sie ist deshalb ungleich mehr beästet und bezweigt als die Kiefer und Tanne, ihr fehlt dafür die grofse Regelmäfsigkeit der Astbildung, welche jene Bäume charakterisirt. Die Fichte, mit mehr Zweigen versehen, belaubt sich stärker, allein ihre jungen Zweige sind dafür ungleich schwächer und selbst die Aeste erreichen nur selten die Stärke eines Tannenastes. Das Gewicht der zahlreichen Zweige zieht dieselben allmälig bogenförmig herunter, während die schwachen Zweige an ihnen senkrecht abwärts hängen. Nur die jüngeren, sehr kräftigen und weniger bezweigten Gipfeläste dieses Baumes sind aufwärts gerichtet. Aus der Endknospe des jährigen Zweiges entwickelt sich der Zapfen der Fichte,

der gleich den Zweigen abwärts hängt und aus der Endknospe ähnlicher Zweige entsteht auch die männliche Blüthe (Taf. I. Fig. 27 u. 33). Der Haupttrieb dieses Baumes beschränkt seinen Höhenwuchs erst im hohen Alter, er behält deshalb einen spitzen kegelförmigen Gipfel. Das Höhenwachsthum der Tanne erlischt dagegen viel früher, worauf ihr Gipfel kugelförmig abschliefst. Beide Bäume sind durch die Tracht ihrer Zweige zu unterscheiden, variiren aber etwas nach dem Standorte (Fig. 88 u. Fig. 71. S. 90).

Fig. 88.



Bei der Lerche (Larix europaea) hört die Regelmäfsigkeit der Zweigbildung auf, indem aufser der Endknospe nach Umständen auch jede Achselknospe einen schlanken Zweig entwickeln kann; die Mehrzahl der Achselknospen bildet freilich Blätterbüschel, d. h. Zweige mit verkürzten Stengelgliedern. Oftmals entsteht im Frühjahr aus derselben Knospe ohne bestimmte Gesetzmäfsigkeit ein solcher Blätterbüschel, der allmälig in

Fig. 88. Mittelstamm und Astbau der Fichte (Picea vulgaris).

einen schlanken Zweig auswächst (Fig. 85. S. 109). — Die Hauptäste der Lerche tragen sich wagerecht, die schwächeren Zweige hängen herab. Die Lerche bildet viel Zweige und deshalb auch viele Blätter, sie braucht wahrscheinlich viel atmosphärische Nahrung, macht unter günstigen Verhältnissen starke Jahresringe und liefert ein sehr brauchbares Holz; ihre alljährlich abfallenden Nadeln düngen den Boden. Sie ist ein sehr nützlicher Waldbaum, aber dennoch sollte man sie nur da pflanzen, wo sie gedeihen und ihre guten Eigenschaften entwickeln kann (Fig. 89).

Fig. 89.



Die Laubhölzer bilden in der Regel in der Achsel eines jeden Blattes eine Stammknospe, aus der sich nach Umständen, meistens erst im kommenden Frühjahre, ein Zweig entwickelt. Die Blattstellung der Laubbäume übt deshalb auf die Art ihrer Zweigbildung einen wesentlichen Einfluſs; die Roſskastanie und der Flieder, mit gegenständigen Blättern,

Fig. 89. Mittelstamm und Astbau der Lerche (Larix europaea).

haben eine gegenständige Zweigstellung (Fig. 90). Die Roth- und Weifsbuche dagegen, mit abwechselnden Blättern, haben eine abwechselnde spiralförmige Zweigstellung (Fig. 91). Nach der Ueppigkeit des Baumes entwickeln sich nun entweder alle oder nur einige der in den Blattachseln vorhandenen Knospen zu Zweigen. Die Regelmäfsigkeit der Zweigbildung, welche wir bei der Kiefer in hohem Grade, bei der Tanne in beschränkterem Mafse, bei der Fichte kaum noch antrafen und bei der Lerche gänzlich vermifsten, ist auch bei den Laubbäumen mehr oder weniger deutlich ausgeprägt, desgleichen ist die Art und Weise, wie jeder Baum seine Aeste und Zweige trägt, mehr oder weniger constant. Die Buche des freien Standes breitet ihre Aeste ziemlich wagerecht aus und ihre Zweige liegen gleichfalls wagerecht; die verlängerten Zweige tragen ihrer-

Fig. 90.

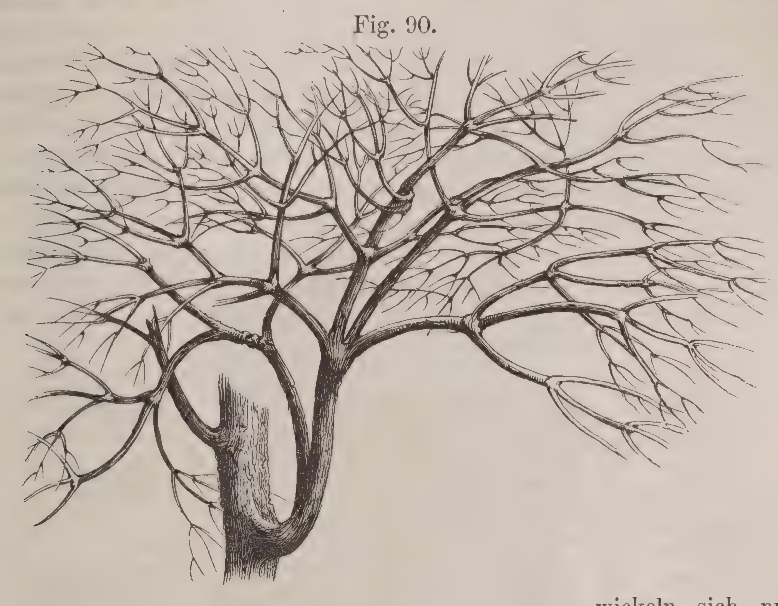


Fig. 91.

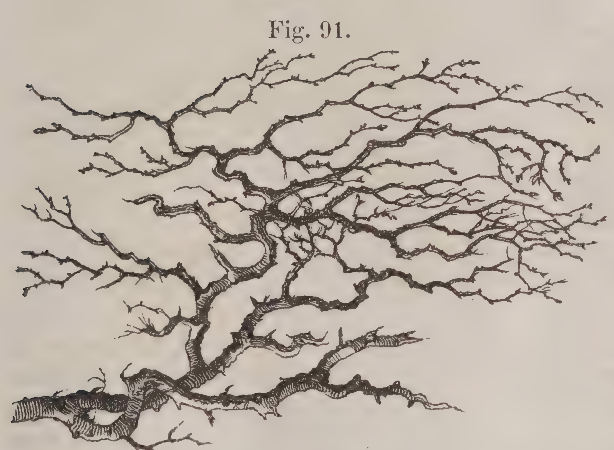
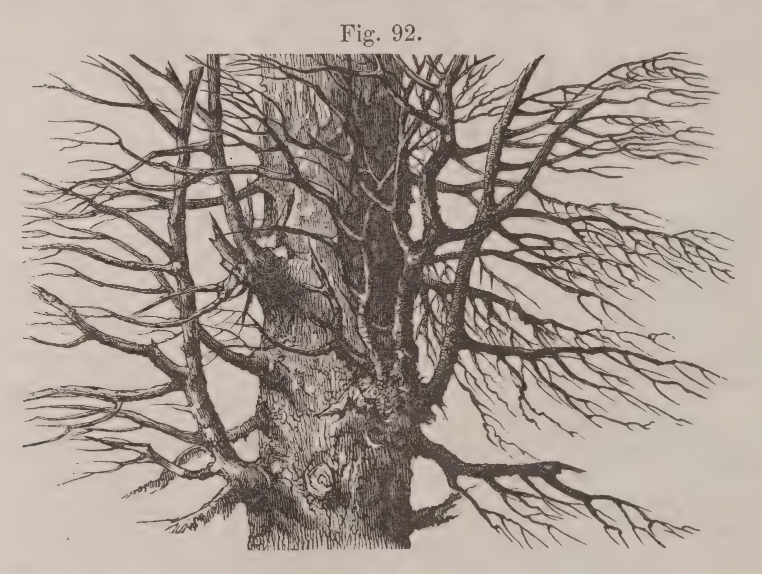


Fig. 90. Astbau des Hollunders. Fig. 91. Astbau der Weifsbuche.

seits Seitenzweige mit kürzeren Stengelgliedern. Die Buche des geschlossenen Bestandes dagegen richtet ihre Hauptäste aufwärts und ihre Zweige breiten sich erst wagerecht aus, wenn sie das Licht begrüſsen. — Die Birke macht viel Aeste und viel Zweige, die ersteren steigen im spitzen Winkel aufwärts, während die jungen sehr schlanken Zweige bogenförmig von ihnen herabhängen (Fig. 73. S. 92). Der Hauptstamm der Birke wächst dabei mächtig in die Höhe. Je mehr Zweige sich entwickeln, um so schwächer werden dieselben und um so hängender wird des Baumes Krone (bei der Trauerbirke). — Die Eiche dagegen wird durch starke, aber sehr unregelmäſsige Astbildung charakterisirt, deren Unregelmäſsigkeit entweder durch das Absterben der Endknospen oder einzelner Zweige hervorgerufen wird (Fig. 72. S. 91). — Bei der Erle bilden die Hauptäste einen spitzen Winkel zum Stamm, während die Zweige dieser Aeste sich wagerecht ausbreiten (Fig. 92). — Der Pappelarten habe ich schon zu Anfang dieses

Fig. 92.



Abschnittes gedacht. — Sicherlich lieſse sich jeder Baum, wenn man die Art der Zweigbildung und die Tracht seiner Aeste und Zweige studiren würde, schon durch letztere unterscheiden; so bildet Taxodium bestimmte Zweige, die alljährlich nahe ihrer Basis abfallen, während andere nicht abgeworfen werden. Bäume, welche reichlich Zweige entwickeln, lassen sich mit Vortheil zu Hecken benutzen (der Dorn, die Hainbuche und die Fichte).

Abnorme Zweigwucherungen, unter verschiedenen Namen, als Hexenbesen oder Wetterbusch, bekannt, erscheinen nicht selten auf der Tanne, der Kiefer, der Birke, der Weiſsbuche und der Acacie. Die erste Veran-

Fig. 92. Astbau der Erle (Alnus glutinosa).

lassung zu denselben ist unbekannt; sie wird von Einigen den Pilzen, von Anderen, und mit mehr Wahrscheinlichkeit, dem Stiche eines Insectes zugeschrieben. Aehnliche Zweigwucherungen der Weiden, als Weidenrosen bekannt, sollen gleichfalls durch ein Insect veranlafst werden. Wenn man den Hexenbesen der Tanne in der Natur beobachtet, so sieht man, dafs sich eine grofse Menge Zweige, aus einer beschränkten Fläche des Astes gebildet und wieder reichlich Zweige entwickelt haben, so dafs nach einigen Jahren ein dichtes, unregelmäfsiges Gewirr von Zweigen entstanden ist, welches belaubt aus der Ferne einem grofsen Mistelbusche gleicht und in der Regel vereinzelt erscheint. Bei der Birke sah ich dagegen auch viele Hexen-

Fig. 93.



Fig. 93. Stamm der Pappel mit Rindenwulsten (Populus pyramidalis).

besen an demselben Baume*). Unter einem Hexenbesen zeigt der Ast jederzeit eine mächtige Anschwellung, welche durch ihre Jahresringe das Alter desselben bekundet und ein sehr festes Holz besitzt. Die Bildung dieser Anschwellung aber spricht für eine örtlich vermehrte Holz- und Rindenbildung durch den vermehrten Zweig- und Blätterwuchs. Ich fand den Hexenbesen bei unterdrückt oder dumpfig stehenden Tannen nicht selten. Der Baum schien in der Regel kränklich, Flechten, sonst dem glatten Stamm der Tanne kaum bekannt, bedeckten seine Rinde. Im abgestorbenen Hexenbesen baut der Vogel gern sein Nest. Der Aberglaube aber scheut denselben; kein Holzhauer, keine Holzleserin trägt ihn nach Hause, den Blitzstrahl fürchtend, der ihm folgen soll; daher der Name Wetterbusch.

Die Pappel, die Rofskastanie und einige andere Bäume bilden nicht selten, da, wo ihr Zweige genommen wurden, kuppelartige, mit Borke überdeckte Erhebungen, Rindenwülste, aus denen zahlreiche Nebenknospen hervorbrechen (Fig. 93). Auch hier ist eine Zweigwucherung vorhanden, die sicherlich kein Pilz veranlafst hat, und auf einer solchen beruht vielfach die Maserbildung. Die Säumaugen in der Rinde einiger Bäume, bei der Pappel, Linde, Buche, ächten Kastanie u. s. w., sind Zweige, die nicht in die Länge, wohl aber im Umfang gewachsen und deshalb kugelig geworden sind; man kann sie den schlafenden Knospen einiger Pflanzen vergleichen, die viele Jahre lang fortleben, ohne sich weiter zu entwickeln und in wagerechter Lage alljährlich mit dem Holzring fortwachsen, sich aber nicht wie die Säumaugen verdicken. Diese aber beweisen, dafs die Verdickung eines Stammtheiles auch ohne Blätter erfolgen kann; ihr Holz ist maserig und fest, wie das Holz blattloser Stämme (S. 121). Man kann dieselben, als erbsen- oder nufsgrofse Kugeln, aus der Rinde schälen. — Die Dornen der Crataegus- und Prunus-Arten sind Zweige, deren Vegetationskegel später verholzt ist; sie tragen nicht selten verkümmerte Blätter.

Wenn sich Stämme oder Zweige an einander reiben, so verwachsen sie gar häufig mit einander. Auf einem Pflanzbeet bei Rudolstadt sah ich zwei ganz junge Buchen, deren über der Erde befindliche Achsen bis zu den Samenlappen hinauf verwachsen waren, während die unter der Erde befindlichen Wurzeln getrennt erschienen; jedes Bäumchen entwickelte über den Samenlappen ein eigenes getrenntes Stämmchen. Die Vereinigung beider Bäume war durch die thätigen Zellen der ursprünglichen Rinde (Abschn. VII) erfolgt; später hatte jedes Bäumchen Kork gebildet, wodurch die Saftverbindung des einen Baumes mit dem anderen wieder aufgehoben wurde. — Wie hier so kann überall die Verwachsung zweier Stämme, Aeste oder Wurzeln nur durch eine längere directe Berührung des in der Fortbildung begriffenen Gewebes erfolgen. Wenn keine Korkbildung später, wie in dem beschriebenen Falle, die Saftverbindung der verwachsenen Theile aufhebt, so wachsen dieselben mit einander verbunden weiter und jeder Theil ent-

*) An der Wallpromenade Hamburgs, nahe dem botanischen Garten.

wickelt für sich Holz und Rinde, deren Zellen oftmals durch gegenseitigen Druck in ihrer Ausbildung etwas behindert werden. Durchsägt man einen solchen Stamm, so erkennt man, dafs eine wirkliche Verbindung desselben nur in der thätigen Rinde oder im Verdickungsring stattfindet und stattfinden konnte. Bäume, welche starke Borke bilden, verwachsen deshalb nicht leicht mit einander; nie sah ich Kiefern, Fichten oder Lerchen mit einander wirklich verbunden, verwachsene Eichenstämme sind mir gleichfalls unbekannt, dagegen braucht man in ausgedehnten Waldbezirken nach verwachsenen Buchen- und Tannenstämmen nicht lange zu suchen. Die Zweige der Linde verwachsen, wo sie zur Bildung von Lauben durcheinander geflochten werden, ebenfalls gar häufig mit einander und die Hainbuche als Hecke gezogen, giebt noch bessere Beispiele; die auf Madeira zur Bekleidung der Mauern vielfach verwendete Ficus stipulata endlich bildet nach 10—20 Jahren sogar ein wahres Netzwerk durch einander geschlungener und mit einander verwachsener, ja scheinbar verschmolzener Aeste, welches das Flechtwerk des Epheus, durch die Menge der Verwachsungen bei weitem übertrifft. Selbst Bäume verschiedener Art können mit einander verwachsen; so steht im Schwarzburger Thale eine alte Tanne, deren Stamm mit einer jüngeren Linde vereint ist. Alle diese Pflanzen können, da sie mit einer lange lebensthätig bleibenden Rinde versehen sind, solche Verwachsungen für lange Zeit unterhalten, die Bildung der Borke mufs dagegen bei anderen Bäumen, wenn die Verwachsung vermittelst der Rinde erfolgt ist, selbige bald wieder aufheben. Eine durch den Verdickungsring entstandene Verwachsung kann dagegen eine scheinbare Verschmelzung des Holzringes zweier Bäume herbeiführen.

Bei der Wurzel sind die Verwachsungen namentlich in dicht geschlossenen Tannenbeständen etwas ganz gewöhnliches. Nun hat Göppert*) nachgewiesen, dafs die Stöcke gefällter Tannen sich noch viele (bis hundert) Jahre lang verdicken, und dafs sich die Wundfläche des Stockes durch Ueberwallung ganz allmälig kuppelförmig schliefst; er glaubt ferner, dafs dies Verhältnifs nur dann stattfindet, wenn die Wurzel eines solchen Stockes mit der Wurzel einer kräftigen Tanne innig verwachsen ist. Der letztgenannte Baum nährt nach ihm in diesem Fall den Stock, der durch sich selbst keine atmosphärische Nahrung nehmen kann; Göppert bezeichnet deshalb den Stock als Zehrstamm und die Tanne, welche für ihn sorgt, als Nährstamm. Es zeigt sich jedoch, dafs zur Fortbildung des Holzringes und der Rinde durch den Verdickungsring die Blätter nicht nothwendig sind, und dafs die Ueberwallung wenigstens im ersten Jahr nach dem Abhieb aus den im Stocke selbst verbliebenen Reservestoffen beginnen kann, wie das Scheitholz der Saalweide beweist, welches, in Klaftern gestellt, bisweilen im kommenden Jahre an beiden Enden und zwar am unteren Ende am stärksten zu überwallen anfängt. Ich glaube deshalb, dafs die

---

*) Göppert, das Ueberwallen der Tannenstöcke. Bonn 1842.

Wurzel allein schon fähig ist, den Stock noch jahrelang in beschränkter Weise zu ernähren. Das Holz der überwallten Stöcke hat einen viel verschlungeneren Verlauf, es ist viel maseriger und gleicht darin dem Holz sehr alter, fast zweig- und blattloser Bäume. Im Forstrevier Sachsenried (Bayern) habe ich in einem reinen Fichtenbestande vom üppigsten Wuchs überwallte Fichtenstämme gesehen*).

Nimmt man dem Stamm eines Baumes einen Ast, oder verletzt man seine Rinde bis zum Holzring, so überwallt die entstandene Wunde, d. h. dieselbe schliefst sich ganz allmälig mit Hülfe des Verdickungsringes. Wo der letztere fehlt, kann dagegen das Holz und die Rinde nicht nachwachsen, die Wunde aber mufs vom Rande her vernarben, wozu, nach ihrer Gröfse, manchmal viele Jahre nöthig sind. Ich untersuchte den Querschnitt eines Kieferstammes, welcher 288 Jahresringe zählte; im sechsundachtzigsten Jahre hatte der Stamm eine mehrere Zoll breite Wunde erhalten, die etwa nach zwanzig Jahren vollständig geschlossen, überwallt, war; der Verlauf der Jahresringe blieb dennoch bis zum letzten Lebensjahre des Baumes an der vernarbten Wundstelle wesentlich geändert, indem sich jeder Jahresring an dieser Stelle einwärts wendete. Die Buche, Tanne und Linde überwallen, ihrer sehr thätigen Rinde halber, am leichtesten. Die kuppelförmigen oder mehr spitzen, mit Rinde bekleideten, Auswüchse des Stammes alter kräftiger Buchen sind überwallte Aststumpfe und läfst sich sogar aus der Gestalt der Ueberwallungen die Art, wie der Ast entfernt wurde, erschliefsen; wenn nämlich die Wundfläche glatt gewesen und durch die Säge entstanden ist, so überwallt der Stumpf dieselbe kuppelförmig, wenn sie dagegen uneben, durch die Axt hervorgerufen war, so überwallt dieselbe unregelmäfsiger und spitzer. Die Gestalt des Aststumpfes läfst sich somit an der Art der Ueberwallung erkennen, wofür die alten Buchen in der Nähe des Schlosses zu Schwarzburg herrliche Beispiele liefern.

Nicht selten findet man tief im Holz eingeschossene Büchsenkugeln; auch Zeichen und Buchstaben, bis auf den Splint in den Stamm geschnitten, verwachsen bei der Buche bisweilen so vollständig, dafs selbige nach langen Jahren mitten im Holz wiedergefunden werden. Auf der Forstakademie zu Neustadt-Eberswalde bewahrt man einen derartigen Buchenstamm mit dem bekannten Jesuitenzeichen, und in der Sammlung der Universität zu Leipzig ist ein ähnliches Präparat vorhanden.

Das Pfropfen und Oculiren, durch welches der Gärtner die Obstsorten veredelt, beruht gleichfalls auf einer Verwachsung durch die saftführende Rinde oder das Cambium; das Edelreis wächst so als Theil des Wildlings, doch in seiner Weise und mit seinen Eigenthümlichkeiten weiter. Man unterscheidet zwischen Oculiren, Copuliren und Pfropfen. Beim Oculiren wird die Knospe eines edelen Baumes mit der Rinde und dem jungen Holz unter die Rinde des Baumes, den man veredeln will, ge-

---

*) Pfeil gedenkt ebenfalls der Ueberwallung für die Fichte.

schoben (Fig. 94). Beim Copuliren wird ein Zweig, der Knospen trägt, mit einem Zweige von gleicher Dicke innig verbunden (Fig. 95). Beim Pfropfen endlich wird ein knospentragender Zweig, das Pfropfreis, in einen stärkeren, glatt abgesägten Stamm, der vorher mäfsig tief gespalten wurde, so eingeschoben, dafs der Verdickungsring des Pfropfreises mit dem Verdickungsringe des Stammes in unmittelbare Berührung tritt, weil nur in diesem Falle eine Verwachsung möglich ist. Beim Oculiren verbindet man den Schlitz der Rinde mit Bast und beim Copuliren verschliefst man die Wunde durch Bast und Baumwachs. Das Oculiren geschieht im Sommer (Ende Juni), und ist namentlich darauf zu achten, dafs die Knospe in der Achsel des Blattstieles, welche man mit der Rinde und dem jungen Holz in den fremden Stamm einschiebt, durchaus unverletzt ist; es ist deshalb richtiger, etwas junges Holz durch einen Schnitt mit der Rinde zu nehmen, als, wie es früher geschah, die Rinde sorgfältig vom Holz abzulösen; auch ist es besser, den wagerechten Schnitt in die Rinde des Stammes, zum Hineinschieben des Rindenstückes mit der edelen Knospe, oberhalb des senkrechten Schnittes in die Rinde zu führen, da die Erfahrung diesen Handgriff bewährt hat. Das Copuliren und Pfropfen geschieht im Frühjahr, wenn die Knospen schwellen, weil alsdann die Thätigkeit

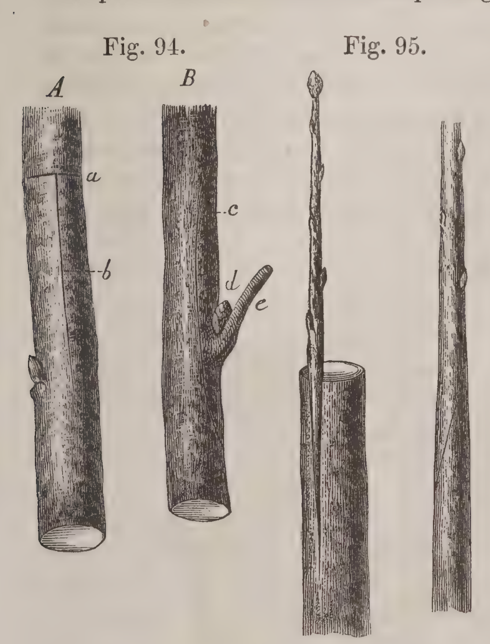


Fig. 94. *A* Ein Zweig, welcher oculirt werden soll; *a* der wagerechte Rindenschnitt, der mit einem scharfen Messer, etwa den halben Zweig umkreisend, zuerst geführt wird; *b* der senkrechte Rindenschnitt. Man hebt die gespaltene Rinde sorgfältig bei *a* in die Höhe und schiebt in den entstandenen Schlitz das Rindenstück *c* des edelen Zweiges *B*, welches die Knospe *d* trägt, so tief zwischen Holz und Rinde herab, dafs der Blattstiel *e* etwa das Ende des Rindenschlitzes (*b*) erreicht. Der letztere wird alsdann sofort mit Bast verbunden.

Fig. 95. Links ein gepfropfter, rechts ein copulirter Zweig. Das Copuliren eignet sich für schwächere, das Pfropfen dagegen für stärkere Zweige; beim Copuliren mufs der edle Zweig dem anderen an Dicke entsprechen; beim Pfropfen mufs der edle Zweig viel schwächer als der Ast sein, auf welchen man ihn pfropft. Man schiebt zweckmäfsig zwei Pfropfreiser, rechts und links, in die Spalte. Die Wunde wird durch Baumwachs und Leinwand verbunden.

des Verdickungsringes am entwickeltesten ist und deshalb die Verwachsung am leichtesten erfolgt.

Das Mark des Baumes wird in der Regel bald unthätig; bei einer Verwundung, welche dasselbe erreicht, stirbt es in der Regel ab und der Baum verfault von Innen her. Unsere Kopfweide, aus geköpften Stecklingen gezogen, trägt schon den ersten Grund zum Hohlwerden in sich und ebenso wird auch die Eiche bei tiefen Verwundungen leicht markfaul; der Linde geht es nicht besser; aber dessen ohngeachtet wachsen solche Bäume durch ihren Verdickungsring ungehindert weiter, ja sie schlagen bisweilen sogar Zweige und Wurzeln ins Innere ihres eigenen Stammes (Fig. 96). Das

Fig. 96.



Wurzelgeflecht im faulenden Holz der Kopfweiden ist aus Wurzelknospen, die in der Krone des Baumes ihren Ursprung nehmen, entstanden, diese

Fig. 96. Der hohle Stamm einer alten Linde.

Wurzeln aber nähren sich von den Verwesungsproducten ihres Mutterstammes. Der Sturm würde die Eiche nicht brechen, wenn sie nicht zu oft markfaul (kernfaul) wäre. Der Stamm der Nadelhölzer wird ungleich seltener kernfaul; die fortwachsende, nicht absterbende Endknospe hindert einestheils den Zutritt der Luft zum Mark des Stammes und andererseits widersteht das mit Harz getränkte Holzgewebe der Fäulnifs viel besser, aber dennoch kann die Fichte durch schlecht ausgezogene Harzscharren, in welchen sich das Regenwasser sammelt, faulig werden. Der Stamm des alten Baobab, dessen Höhlung nach Trémaux *) oftmals über zweihundert Personen aufzunehmen vermag, wird bisweilen so hohl, dafs nur einige Zoll seines Splintes und seiner Rinde übrig bleiben, mit welchen derselbe ungehindert weiterwächst. Alte Kastanien (Castanea vesca) auf Tenerife, deren hohler Stamm mehr als 30 Fufs Umfang besitzt, dienen gar häufig als Stall für ein Ochsengespann, während ihre mächtige Krone durch ihre frischen Blätter die Thiere ernährt und durch die reiche Ernte ihrer Früchte auch dem Menschen Nahrung bietet. Das Hohlwerden der Stämme hindert also in keinem Falle deren Fortdauer; der alte Drachenbaum zu Orotava war zur Zeit der Conquista (1402) schon eben so hohl als jetzt; allein es gefährdet den Baum, dem Wind und Wetter jetzt viel leichter schaden, wie die Geschichte desselben Drachenbaumes beweist, der im Sturm vom 21. Juli 1819 seine halbe Krone verloren hat und vielleicht bald ganz zusammenstürzen wird.

Bäume mit gedrehtem Stamme zeigen sich hier und da neben anderen, nicht gedrehten, und zwar sowohl bei Laub- als auch bei Nadelhölzern, ohne dafs wir die erste Ursache dieser Erscheinung begreifen. Dieselbe beruht auf einer Drehung der den Holzring bildenden Gefäfsbündel im jugendlichen Stamme und erhält sich durch das ganze Leben des Baumes. Das Holz spaltet in gedrehter Richtung und ist deshalb für manche Zwecke unbrauchbar. — Auch die Runkelrübe ist häufig gedreht.

Während alle Holzpflanzen durch den Verdickungsring und die sich in ihm fortbildenden Gefäfsbündel einen Holzring erhalten, bleibt der dem letzteren entsprechende Theil bei vielen krautartigen Gewächsen unverholzt. Das Mark solcher Pflanzen wird bisweilen, entweder durch Resorption oder durch Austrocknen und Zerreifsen seiner Zellen, hohl, z. B. bei der Carica Papaya, einem tropischen Baum mit krautartigem, nicht verholztem Stamm und palmenähnlicher Blätterkrone. Auch die Poincettia pulcherrima, eine baumartige Euphorbiacee, mit holzigem Stamm und feuerfarbenen, den Blüthenstand umgebenden Deckblättern, hat, wie die Carica, einen hohlen Stamm, den wir bei unseren Pflanzen im Wasserschierling und in den meisten mit Stengelknoten versehenen Stämmen, z. B. den Grashalmen, wiederfinden.

Tiefe, wagerechte Einschnitte, bis zum Holzring, um den ganzen

---

*) Trémaux, voyage au Soudan Oriental.

Stamm eines dicotyledonen Baumes geführt, bewirken, wenn ein mäſsig breites Rindenband vom Stamm entfernt wird, fast ohne Ausnahme das Absterben überhalb der Zirkelwunde. Die Aeste einiger Obstbäume vertragen dagegen dies Ringeln viel besser. Der Theil des geringelten Astes über der Kreiswunde verdickt sich stärker, die Wundränder dieser Seite vernarben mächtiger als die Wundränder des unteren Asttheiles und der geringelte Ast bringt reichlicher Früchte; er stirbt aber auch früher als die anderen nicht geringelten Aeste. Es scheint demnach, als ob durch das Ringeln die in der Rinde enthaltenen Nahrungsstoffe in dem Ast verbleiben, während sie normal weiter geführt, auch dem Stamme zu Gute kommen. Ein Saftstrom absteigender Richtung innerhalb des Basttheiles der Gefäſsbündel und folglich innerhalb der Rinde erhält durch die Erscheinungen, welche das Ringeln der Aeste hervorruft, eine wesentliche Stütze. Nach Hartig soll nun unterhalb der Ringelwunde, wenn aus Nebenknospen keine neuen Zweige entstehen, die Bildung der Reservestoffe in der Rinde und in den Markstrahlen des Holzes aufhören und der Holzring selbst keine neue Jahresringe bilden. Auch hat J. Hanstein durch zahlreiche Versuche bewiesen, daſs bei den dicotyledonen Gewächsen mit normal gebautem Gefäſsbündelringe nur überhalb der Zirkelwunde Nebenwurzeln aus der Rinde hervorbrechen, während bei denjenigen Dicotyledonen, welche noch im Innern des Markes in sich abgeschlossene Gefäſsbündel besitzen (Nerium Oleander, Cucurbita Pepo) auſser den über der Zirkelwunde aus der Rinde entstandenen Nebenwurzeln, auch aus dem Mark des abgeschnittenen geringelten Zweiges Wurzeln hervorgehen, welche mit den centralen Gefäſsbündeln im Zusammenhange stehen und daſs endlich geringelte Zweige monocotyledoner Gewächse, denen die Bastbündel in der Rinde fehlen, nur aus dem inneren Theile, aber niemals aus der Rinde Nebenwurzeln treiben. (Die abgeschnittenen und geringelten Zweige wurden in Wasser gesteckt und im Treibkasten gezogen.) Das Resultat aber beweist für einen abwärtssteigenden Saftstrom in dem Basttheil der Gefäſse innerhalb der Rinde dicotyledoner Gewächse, und für dessen Abwesenheit in der Rinde monocotyledoner Pflanzen, bei denen er innerhalb des Verdickungsringes in einem bestimmten Theile der in sich abgeschlossenen Gefäſsbündel stattfindet, weshalb der Oleander mit solchen Gefäſsbündeln im Mark und einem übrigens normal gebauten dicotyledonen Gefäſsbündelring beide Bildungsweisen der Nebenwurzeln vereinigt.

Die lebendigen Theile der Rinde, desgleichen der Verdickungsring mit dem in ihm liegenden Cambium der Gefäſsbündel, ferner die Markstrahlen des jüngeren Holzes, führen bei allen Bäumen Säfte, deren Bestandtheile aber, nach der Art der saftführenden Zellen sehr verschieden sind. Auch die Markscheide einiger Pflanzen, z. B. des Weinstockes, bleibt längere Zeit thätig, das Mark selbst verliert dagegen in der Regel bald seine Säfte. Nun finden sich im Cambium der Gefäſsbündel überall stickstoffreiche Verbindungen, dagegen fehlen die Kohlenhydrate zu allen

Zeiten. Das Cambium der Gefäfsbündel und die jugendlichen so eben aus ihm entstandenen Zellenarten befördern demnach zunächst den Austausch der stickstoffreichen Verbindungen, sie dienen dem aufsteigenden Saftstrom, der wahrscheinlich im Basttheil der Gefäfsbündel chemisch verändert wieder abwärts geht, während im Nahrungsgewebe der Rinde ein Saftaustausch unter den einzelnen Zellen in verschiedenen Richtungen und durch die Markstrahlen mit dem Marke stattfindet. Beim Ringeln der Zweige wird nun sowohl der auf- als auch der abwärtsgehende Saftstrom in der Nähe des Verdickungsringes vollständig aufgehoben, weil die Entfernung der Rinde ein Vertrocknen und Absterben des Cambiumringes an der entrindeten Stelle zur Folge hat. Der geringelte Zweig mufs defshalb gleich dem geringelten Stamm, wenn ihm nicht im Innern Saftwege verbleiben, unter der Zirkelwunde absterben; diese Saftwege können aber für den auf- und abwärtsgehenden Hauptstrom nur im Holzparenchym und in der Markscheide liegen, welche in der Regel alle Elemente des Gefäfsbündels enthält, ja bei einigen Pflanzen (Linum, Cucumis) noch ein besonderes Cambium besitzt, sehr häufig aber ausgebildete Bastzellen, desgleichen Milchsaftgefäfse (Euphorbia canariensis, Gomphocarpus) enthält und damit eine freilich beschränkte Saftverbindung zu unterhalten vermag. Der Zweig oder Ast, dessen Markscheide noch lebendig ist, verträgt das Ringeln besser als der Stamm, bei dem sie abgestorben. Jedenfalls aber wird durch das Ringeln der Saftaustausch wesentlich behindert und namentlich für die in der Rinde durch die ernährende Thätigkeit des Blattes aufgespeicherten Stoffe gänzlich unterbrochen, weshalb auch die Holzbildung unter der Kreiswunde sehr beschränkt wird, über derselben aber in gleichem Verhältnifs zunimmt. Der geringelte Zweig kann deshalb auch mehr Früchte ernähren, er wird aber, da ihm die Zufuhr von der Wurzel kärglicher zugemessen ist, überhaupt das richtige Verhältnifs der Boden- und Luftnahrung gestört wurde, früher absterben müssen.

Die Bäume unserer Zone wachsen im Winter weder in die Länge noch im Umfang, aber dennoch erlischt das Leben der Zellen nur scheinbar; dieselben sind nämlich, sobald die Temperatur bis zu einem gewissen Grade herabsinkt, nicht mehr fähig, neue Zellen zu bilden u. s. w. Der Holzring unserer Waldbäume erhält im Winter keinen neuen Zuwachs, auch der junge Trieb innerhalb der geschlossenen Knospe entwickelt sich während dieser Zeit nicht weiter. Eine bestimmte Wärmemenge mufs demnach zur vollkommenen Zellenthätigkeit für jede Pflanze erforderlich sein und ist es wahrscheinlich die stickstoffhaltige Substanz, welche, durch die Wärme des Frühlings in regere Thätigkeit versetzt, den Procefs der Zellenbildung einleitet und unterhält. Ob sich aber im Winter die Stoffe innerhalb der saftführenden Zellen verändern, und ob sich die Wand solcher Zellen im Winter verdickt u. s. w., sind Fragen, die ich nicht zu entscheiden wage; dafs aber die Pflanze auch während der scheinbaren Winterruhe nicht todt ist, beweist die Kartoffelknolle, welche innerhalb der Miethe

die erhaltenen Verletzungen durch Korkbildung leicht und vollständig vernarbt.

Sobald im Frühling die Vegetation beginnt, schält sich bekanntlich die Rinde der Bäume am leichtesten, die Birke und der Weinstock bluten, weil die im Herbst in den Markstrahlen und in der Rinde aufgespeicherten Kohlenhydrate jetzt gelöst vorhanden sind. Die Thätigkeit der Wurzel erwacht, wie es scheint, am frühesten und der mit Wasser gesättigte Boden begünstigt dieselbe, indem durch die allmälige Auflösung der Reservestoffe, welche in der Wurzel beginnt, eine sehr lebhafte Diffusion und damit ein Saftstrom nach aufwärts stattfindet*). Nun kann aber der Baum, dessen Knospen sich erst entfalten, noch augenblicklich nicht allen ihm so reichlich dargebotenen Nahrungssaft verwerthen; die Saftmenge vermehrt sich deshalb bei fortdauernder Diffusion und der normal saftführende Theil der Gefäfsbündel hat nicht mehr Raum für die vorhandene Flüssigkeit, welche nunmehr auch in die bereits mit Luft erfüllten älteren Gefäfse und Holzzellen des Holzringes eindringt. Wenn man jetzt die Rinde verwundet, so träufelt der Saft aus dem Einschnitt hervor. Nur wenig später entfalten sich die Knospen und der junge Trieb entwickelt seine Blätter; der Baum verbraucht alsdann viel Nahrungsstoffe und findet sie in seinem eigenen Zellsaft. Die Birke und der Weinstock bluten alsdann nicht mehr und die Rinde der Nadelbäume schält sich nicht mehr so leicht als im ersten Frühling; der Saft aber ist aus den älteren Gefäfsen verschwunden. Die Aufnahme des Wassers aus dem Boden steht von nun ab mit dem Verbrauch der Flüssigkeit durch Verdunstung der Blätter und der grünen Rinde im Verhältnifs. — Sind dann später die jungen Zweige und deren Blätter ausgewachsen und beginnt die Endknospe der ersteren sich zu schliefsen, so tritt in einem geringeren Grade zum zweiten Male eine Saftüberfüllung ein und die Rinde der Nadelbäume schält sich zum zweiten Male leichter, weil der Saft, welcher bis dahin den jungen Zweig ernährte, sobald derselbe vollständig ausgebildet ist, nicht mehr in gleichem Grade verbraucht wird und sich wiederum in gröfserer Menge zwischen Holz und Rinde sammelt. Sobald aber die Deckschuppen der Endknospen gebildet sind, erhebt sich der Vegetationskegel der letzteren, um die Anlage des neuen, für das kommende Jahr bestimmten Triebes zu bilden, wozu ihm der reichlich vorhandene Saft die nöthigen Stoffe liefert; die Rinde schält sich deshalb, wie im Frühjahr, nur für kurze Zeit, und zwar, wie es scheint, nur so lange als die Ausbildung der Knospenschuppen, welche wenig Nahrung brauchen, dauert. Wenn sie gebildet sind und unter ihrem Schutz der junge Trieb entsteht, beginnt der allmälige Uebergang vom Frühlingsholz zum Herbstholz, dessen Zellen, da sie sich stärker verdicken, auch für sich mehr Nahrung in Anspruch nehmen.

---

*) Moleschott, Physiologie des Stoffwechsels. S. 70.

Die Erscheinungen im Pflanzenleben würden sich alle mehr oder weniger erklären lassen, wenn man bisher das Leben der Zellen selbst sorgfältiger beachtet hätte; ohne die genaueste Kenntniſs der feineren Anatomie und der Wechselwirkung der verschiedenen Zellen auf einander, ist aber kein wirkliches Verständniſs der Lebenserscheinungen im Thier- und Pflanzenreiche möglich.

Fig. 97.



Fig. 97. Mittelstamm der Linde, für welche ein bogenförmiges Senken der unteren Aeste und Zweige charakteristisch ist.

V.

Das Blatt.

Wie gewisse Säugethiere nach der Jahreszeit die Farbe und Beschaffenheit ihres Pelzes ändern und das Gefieder mancher Vögel sich gleichfalls nach derselben richtet, so ist auch die Belaubung vieler Pflanzen von der Jahreszeit abhängig.

Der Laubwald unserer Zone steht im Winter blattlos, während die Kronen derjenigen Nadelbäume, die ihre Belaubung behalten, mit Schnee belastet sind. Mit dem Frühjahr schwillt darauf die Knospe, die Blätter entfalten sich und ein gelber Schein umsäumt das Zweigdach des Laubwaldes. Auch die Tanne und die Fichte erhalten gelbe Spitzen, die Kiefer aber entwickelt lange gelbe Schüsse mit grünen Doppelnadeln, während die Lerche, welche blattlos überwintert, neue Blätterbüschel treibt. — Die jungen Blätter wachsen darauf und Wald und Wiese prangen im saftigen Grün des Frühlings. Allein sobald sie ausgewachsen, verschwindet ihre Frühlingsfärbung und der dunkler grün gefärbte, aber dichter belaubte Wald gewährt für den Sommer Schatten und Kühlung. Wenn darauf der Herbst sich naht, so ändert sich wieder die Farbe der Blätter. Das Laub des Ahorns, der Birke, der Buche und der Eiche nimmt eine gelbe Färbung an, die sich später in roth und braun verwandelt. Von der Herbstsonne beleuchtet, erglänzt alsdann der Laubwald im feurigen Lichte, bis bald darauf der Wind die vertrockneten Blätter entführt, und die kahlen Zweige wie Gerippe überwintern, während der Nadelwald in seinen Blättern ein dunkles winterliches Grün bewahrt. — Die Art der Belaubung gesellig wachsender Pflanzen gewährt nun der Landschaft zum grofsen Theil ihren Charakter; daher schon für das Auge der grelle Unterschied zwischen dem Sommer und dem Winter unserer Zone, welcher in südlichen Ländern mit immergrünen Bäumen weniger bemerkbar ist.

Das Blatt ist ein Organ des Stammes, unter dem Vegetationskegel der Stammknospe entstanden, welches nicht, wie der Stamm, seinen eigenen Vegetationskegel trägt und deshalb aus sich keine neue Blätter zu bilden vermag. — Des Blattes äufserste Spitze ist dessen ältester Theil.

Das grün gefärbte Blatt dient im Allgemeinen zur Ernährung der Pflanze, es nimmt durch seine Oberhaut gas- und dunstförmige Stoffe aus der Atmosphäre, die es in seinem Nahrungsgewebe, wie in seinen thätigen Zellen überhaupt, verarbeitet, während andere gas- und dunstförmige Stoffe wieder durch die Oberhaut des Blattes abgeschieden werden. Das Blatt ist darum gewissermaſsen das Respirationsorgan, die Lunge, der Pflanze, und seine flächenartige Gestalt vermehrt die Berührungspunkte mit der Atmosphäre. Die untergetauchten Blätter einiger Wasserpflanzen, desgleichen die Knospenschuppen und die Keimblätter mancher Gewächse dienen freilich auſserdem noch anderen Zwecken.

Aber nicht alle Pflanzen besitzen ausgebildete Blätter. — Kann denn das Blatt durch einen anderen Theil des Stammes ersetzt werden? — Die Cacteen und die sogenannten blattlosen Euphorbiaceen, deren Blattanlagen nur in der Blüthe zur vollen Ausbildung gelangen, besitzen eine grüne, sehr mächtig entwickelte Rinde, welche den Dienst des Blattes versieht und auch versehen kann, weil ihre Oberhaut, wie ihre thätigen Zellen überhaupt, dem Blattgewebe anderer Pflanzen entsprechen.

Die ersten Blätter der Pflanze sind die Samenlappen des Keimes, sie entstehen an der anfänglich kugeligen oder länglich runden Achse des letzteren, die nach der einen Seite mit einer Stammknospe und nach der anderen, mit einer Wurzelknospe endigt und früher als das Blatt (der Samenlappen) vorhanden ist. — Wie die ersten Blätter, so bilden sich dann auch alle folgenden unter dem Vegetationskegel der Stammknospe und aus keinem anderen Theil der Pflanze; die Wurzelspitze dagegen, deren Vegetationskegel eine Wurzelhaube deckt, kann keine Blätter entwickeln.

Das Blatt tritt sowohl seiner Function als seiner Stellung nach verschieden auf und können wir danach folgende Arten unterscheiden:

1. Keimblätter oder Samenlappen (Cotyledones), die an der Axe des Keimes entstanden und schon vor der Keimung des Samens vorhanden sind (S. 59).

2. Knospenschuppen (Perulae), schuppenartige Blätter, welche durch ihre lufterfüllten Zellen den Trieb der jungen Knospe zur Winterzeit schützen, und wie die folgenden Blattarten unter dem Vegetationskegel einer Stammknospe entstanden sind (S. 73).

3. Laubblätter (Folia), die wie die vorhergehende und folgende Art unter dem Vegetationskegel der Stammknospe entstanden sind und meistens grün gefärbt, längere Zeit am Stamm verbleiben und den Blätterschmuck der Pflanze bilden. Nach der Stellung der Laubblätter an der Pflanze unterscheidet man aber Wurzelblätter (Folia radicalia), Stengelblätter (Folia caulina) und Deckblätter der Blüthe (Bracteae). Die Wurzelblätter stehen der Wurzel nahe, die Stengelblätter umgeben den von der Wurzel entfernteren Theil einer Pflanze, und die Deckblätter bergen in ihrer Achsel Blüthenknospen. Diese drei Unterarten der Laubblätter sind oft an einer und derselben Pflanze der Gestalt nach verschieden, zu ihnen

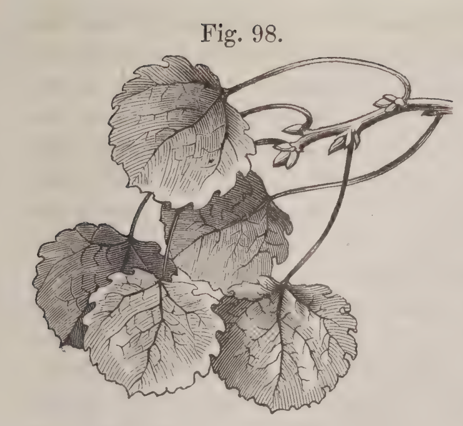
gehören auch die Nebenblätter (Stipulae), welche als kleine Blätter oder Blattanhänge, und zwar eins zu jeder Seite des Laubblattes stehen, auch nicht selten mit dem Blattstiel des letzteren verwachsen sind. Nicht allen Pflanzen eigen, fallen dieselben nicht selten frühzeitig ab und haben in diesem Falle zunächst für die Knospe Bedeutung, indem sie mit als Deckschuppen auftreten (bei der Eiche und der Buche) (S. 74).

4. Zur Blüthe gehörige Blätter (Phylla), welche nach ihrer Stellung und Ausbildungsweise als Blüthenhüllblätter (Phylla perigonii), als Kelchblätter (Sepala), als Blumenblätter (Petala), als Staublätter (Stamina) und als Fruchtblätter (Carpella) beschrieben werden. Als Blüthenhüllblätter bezeichnet man zwei auf einander folgende Blattkreise, welche sich durch die Farbe nicht unterscheiden lassen, z. B. bei der Lilie. Die Kelchblätter, meistens grün gefärbt, bilden den ersten, oder wenn mehrere grün gefärbte Kreise vorhanden sind, die ersten Blätterkreise der einzelnen Blüthen. (Die fünf ersten grün gefärbten Blättchen der Blüthe des Vergifsmeinnicht und als doppelter Kelch bei den Malvenarten.) Die Blumenblätter, farblos oder farbig, folgen den grünen Kelchblättern (die fünf blau gefärbten Blätter des Vergifsmeinnicht). Die Staubblätter aber entwickeln in den Zellen ihrer Blattfläche, welche sich deshalb ganz anders ausbildet, den Blüthenstaub, der auf eine bestimmte Weise, aus einer Spalte oder einem Loch, entlassen wird; sie folgen immer auf die Blumenblätter. Aus den Fruchtblättern endlich entsteht bei vielen Pflanzen der Fruchtknoten (bei der Kirsche und der Pflaume aus einem Fruchtblatt), während bei anderen auch der Stammtheil der Blüthe selbst mit an der Bildung des Fruchtknotens Theil nimmt (bei den Orchideen und allen Blüthen mit unterständigem Fruchtknoten).

Ueber die Samenlappen oder Keimblätter, deren Gestalt und Bau in der Regel von den Laubblättern wesentlich verschieden ist, habe ich bereits im Abschnitt II gesprochen, der Knospenschuppen aber ist schon im Abschnitt III ausführlicher gedacht und die zur Blüthe gehörigen Blätter werden im Abschnitt VIII näher betrachtet werden, so dafs wir uns hier zunächst nur mit den Laubblättern beschäftigen wollen.

Die Gestalt der Laubblätter ist sehr mannigfach und schwer unter allgemeine Begriffe zu fassen. Zunächst mufs man zwischen einfachen und zusammengesetzten Blättern unterscheiden. Einfach ist ein Blatt, wenn sein Blattstiel nur eine einzige Blattfläche trägt (Fig. 98), zusammengesetzt dagegen, wenn derselbe mehrere Blattflächen vereinigt. Ein zusammengesetztes Blatt kann gefingert oder gefiedert sein; gefingert (folium palmatum), wenn sein Blattstiel, der Hand gleich, mehrere Einzelblätter um einen Punkt versammelt, wie bei der Rofskastanie, wo entweder 5 oder 7 Einzelblätter von dem gemeinsamen Blattstiel getragen werden, oder gefiedert (folium pinnatum), wenn sein Blattstiel, der Feder ähnlich, zu beiden Seiten Einzelblätter trägt (wie bei der Acacie, dem Nufsbaum und der Eberesche (Fig. 99). Das gefiederte Blatt kann einfach

Fig. 98.



oder doppelt gefiedert auftreten und zwar doppelt gefiedert, wenn sich sein Blattstiel verzweigt, und dessen Zweige wiederum gefiedert erscheinen, wie bei mehreren Umbelliferen und Farrnkräutern. Aufserdem giebt es der Zwischenformen viele.

Nicht immer zeigt sich ein wirklicher Blattstiel, d. h. ein dünner, walzenförmiger oder halbwalzenförmiger Grundtheil, welcher als Uebergangsglied des Stammes zur Blattfläche dient. Die Blätter vieler Pflanzen sind ungestielt, sitzend (folia sessilia), (bei den Orchideen, den lilienartigen Gewächsen, den Iris-Arten, den Gräsern u. s. w.). In seltenen Fällen, bei einigen Proteaceen, ist das ganze Blatt stielrund (bei Hakea suaveolens ist es stielrund und seinerseits fiederartig verzweigt).

Wie der Grundtheil des Blattes sich zum Stamm verhält, ob er ihn ganz, halb oder nur zum kleinen Theil umfafst, wird für die Blattstellung, und damit für die beschreibende Botanik wichtig. Die Laubblätter der meisten Monocotyledonen sind schon bei ihrem Entstehen

Fig. 99.



Fig. 98. Blätter der Zitterpappel (Populus tremula).
Fig. 99. Blattstand mit Blüthe und Frucht der Eberesche (Sorbus aucuparia).

stengelumfasend, indem der ganze Umkreis des Vegetationskegels zur Bildung eines Blattes verbraucht wird. Dagegen bilden sich bei der Mehrzahl der Monocotyledonen in der Blüthe drei Blätter auf gleicher Höhe. Die Basis des Blattstieles, oder wenn der letztere fehlt, die Basis des Blattes, ist in den meisten Fällen mit einer kleinen Anschwellung, dem sogenannten Gelenk, versehen, die in der Regel heller als der übrige Theil des Blattstieles gefärbt ist. Das Gewebe im Blattgelenk aber besteht aus schwach verdickten, bisweilen tafelförmigen Zellen und auch das Gefäfsbündel ist in Bezug auf die Ausbildung seiner eigenen Zellen hier weniger als in den übrigen Theilen des Blattstieles oder der Blattfläche entwickelt. Bei denjenigen Gewächsen, welche zur Nachtzeit ihre Blätter senken, dem Sauerklee und der Bohne, oder die gar wie die Sinnespflanzen (Mimosa pudica) für äufsere Reize empfindlich, danach die Stellung ihrer Blätter verändern, ist das Blattgelenk vorzugsweise entwickelt und als das Organ der Bewegung zu betrachten, woher auch wahrscheinlich der Name desselben entstanden ist. In allen Fällen aber trennt sich das Blatt durch selbiges vom Zweige, indem entweder durch das allmälige Auftreten einer wagerechten Korkschicht im Gelenk die Saftverbindung zwischen Blatt und Zweig behindert wird und das sich allmälig entfärbende Blatt zuletzt vertrocknet und abfällt (bei der Birke, Buche und Eiche), oder durch Nachtfrost getödtet, sich plötzlich an der Stelle vom Zweige trennt, wo später die Korkschicht entstehen würde (bei der Platane in unseren Gegenden).

Im Allgemeinen betrachtet man als zusammengesetzte Blätter nur solche, welche für jedes Einzelblatt ein Gelenk besitzen und deshalb jedes für sich abwerfen können, bei der Rofskastanie, der Acacie und dem Perrückenbaum (Rus typhina), wo nicht nur an der Basis des gemeinsamen Blattstieles, sondern auch an der Basis jedes Einzelblattes ein Gelenk vorhanden ist. Die Rofskastanie und die beiden so eben genannten Bäume verlieren deshalb in der Regel ihre Einzelblätter zuerst und erst später trennt sich der gemeinsame Blattstiel durch sein Gelenk vom Zweige. Aber nicht alle einfachen Blätter besitzen ein solches Gelenk; ich nenne deshalb auch Blätter, welche ihre Einzelblättchen nicht abwerfen, zusammengesetzt. Blätter, denen ein solches Blattgelenk fehlt, werden entweder gar nicht oder nicht mit glatter Fläche abgeworfen. Wir sehen das erstere an den unteren Deckschuppen der Knospen unserer Nadelhölzer und bei der Dattelpalme, die ihre abgestorbenen Fiederblätter noch jahrelang behält. Während die Nadel der Tanne und Fichte ein sehr deutliches Blattgelenk besitzt, fehlt dasselbe den Deckschuppen dieser Bäume; die Nadeln fallen ab, sobald sie ein bestimmtes Alter erreicht haben und eine Korkschicht überzieht die Blattnarbe; die unteren Deckschuppen aber bleiben stehen und bilden den mehrerwähnten Schuppenansatz.

Ist das Blattgelenk sehr grofs und bleibt nach dem Abwerfen des Blattes ein hervorragender Theil desselben zurück, so kann es als Blattkissen oder Blattpolster bezeichnet werden. Ein solches Blattkissen be-

sitzt unsere Fichte, ihre Nadel wird nicht, wie bei der Tanne, dicht am Stamme abgeworfen. Die hervorragenden Narben abgworfener Wedel baumartiger Farrn kann man als Wedelkissen bezeichnen.

Die Gestalt der Blattfläche oder Blattspreite der Laubblätter ist nach den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden, es giebt runde, eiförmige, lanzettförmige, herzförmige, pfeilförmige aber auch linienförmige Blätter u. s. w., desgleichen sowohl unzählige Zwischenformen der genannten Gestalten als auch zahlreiche Uebergänge vom einfachen zum zusammengesetzten Blatte. Nach der Art des Randes, ob letzterer glatt, d. h. nicht gesägt (*a*), gezähnt (*b*), gekerbt (*c*), ausgeschweift (*d*), buchtig (*e*), gewimpert (*f*), ausgefressen (*g*) u. s. w. ist (Fig. 100), ferner nach der Form der Blattfläche, ob diese einfach, d. h. nicht getheilt ist, oder ob selbige fingerförmig oder fiederartig getheilt ist, ändert sich die Bezeichnung der Blattgestalt für die beschreibende Botanik. Die Beschaffenheit der Oberfläche, ob selbige glänzend, haarlos oder behaart ist, so wie die Art der Behaarung, kommt gleichfalls in Betracht. Der Verlauf der Gefäfsbündel, welcher die Nervatur des Blattes bestimmt, ist zur genauen Beschreibung eben so nothwendig. Die Stärke der Blattfläche selbst, so wie deren derbe oder zarte Beschaffenheit u. s. w. verdienen endlich gleichfalls Beachtung und kann man danach zarte, lederartige und fleischige Blätter unterscheiden.

Fig. 100.

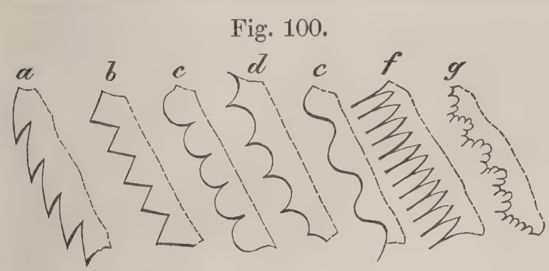
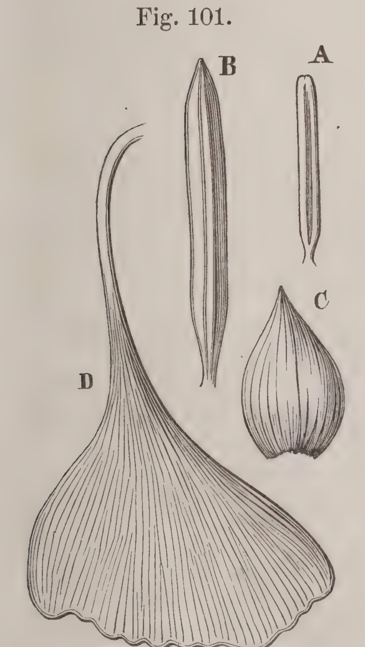


Fig. 101.



An unseren Bäumen können wir der Blattformen manche studiren. Unsere Nadelbäume bilden meistens nadelförmige Blätter; Thuja, der Baum des Lebens, und Ephedra, ein kleines strauchartiges Gewächs, das sehr vom allgemeinen Typus der Nadelhölzer abweicht, besitzen schuppen-

Fig. 100. Der Blattrand in seinen verschiedenen Formen.

Fig. 101. Blätter der Nadelbäume. *A* Nadel von Abies pectinata. *B* Blatt von Podocarpus lanceolatus. *C* Blatt von Araucaria brasiliensis. *D* Blatt von Salisburia adianthifolia.

förmige Blätter; Salisburia und Dammara, in den Tropen zu Hause, sind mit flächenartigen Blättern versehen, und selbst die Blätter der Araucaria-Arten verlassen schon die Nadelform (Fig. 101).

Die Nadel der Tanne (Abies pectinata) ist flach, in der Mittellinie vertieft und an der Spitze leicht gekerbt, ihre Oberseite ist glänzend, die Unterseite dagegen mit zwei silberweifsen Längsstreifen, in welchen die Spaltöffnungen liegen, bezeichnet (Fig. 102 *A*). Die Nadel der Fichte (Picea vulgaris Link) ist auf dem Querschnitt fast viereckig, sie endigt stumpf und ist nicht gekerbt (Fig. 102 *C*). Die Nadel der Lerche (Larix europaea) ist auf dem Querschnitt rautenförmig (Fig. 102 *B*). Die Nadel der Kiefer (Pinus silvestris) erscheint im Querschnitt als Halbkreis, sie endigt mit einer Spitze und ihr Rand ist gezähnt, auch hat sie zahlreiche Harzgänge, während die drei vorher genannten nur zwei und zwar etwas anders gebaute Harzgänge besitzen (Fig. 102 *D*). Das Blatt der Araucaria brasiliensis endlich zeigt auf dem Querschnitt zahlreiche, in einer Ebene liegende Gefäfsbündel, welche mit Harzgängen abwechseln, während die Nadeln unserer Nadelbäume nur ein centrales Doppelgefäfsbündel besitzen (Fig. 102 *E*). — Das Blatt der Stieleiche (Quercus pedunculata) ist kurz gestielt, fast sitzend, seine Blattfläche, länglich eiförmig und tief ausgerandet, ist an der Basis des Blattstieles etwas aufgebogen. Die gröfste Breite des Blattes dieser Eichenart liegt seiner Spitze näher. (Fig. 103). Das Blatt der Traubeneiche (Quercus sessiliflora) ist

Fig. 102.

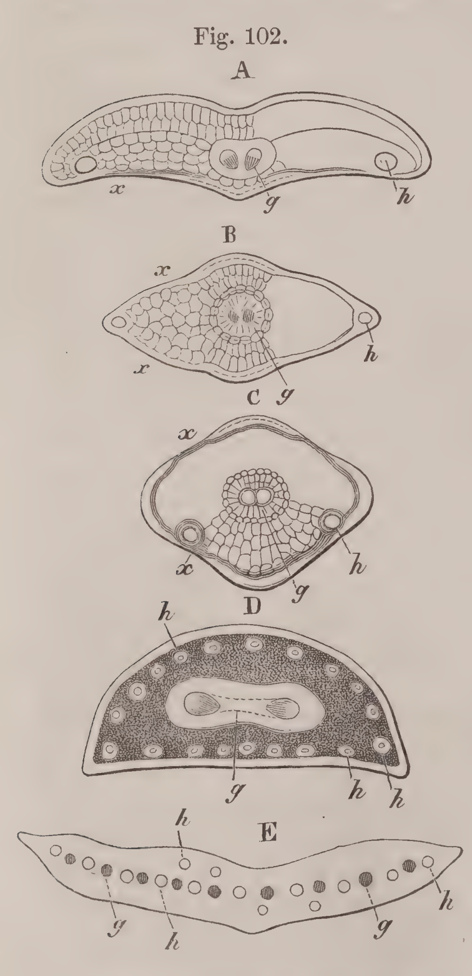


Fig. 102. Querschnitt durch die Blätter der Nadelbäume. *A* Abies pectinata; *g* Gefäfsbündel; *h* Harzgänge; *x* diejenige Partie, wo die Spaltöffnungen liegen. *B* Larix europaea. *C* Picea vulgaris. *D* Pinus silvestris. *E* Araucaria brasiliensis (Vergröfserung 20 mal).

viel länger gestielt, eiförmig, und weniger tief ausgerandet, seine gröſste Breite liegt in der Mitte der Blattfläche (Fig. 104). Die Oberseite beider

Fig. 103.

Fig. 104.

ist glänzend, die Unterseite matt und nach dem Standorte entweder fein behaart oder haarlos, die Haare aber stehen zu vier, seltener zu zwei, sternförmig neben einander. Die Hauptseitennerven verlieren sich bei den Blättern beider Eichenarten in die Lappen der Blattfläche. Die Blätter der Buche (Fagus silvatica) sind gestielt, eiförmig-zugespitzt, ihr Rand ist undeutlich gezähnt, ihre Oberfläche ist glänzend, der Rand behaart (Taf. III. Fig. 20). Die Blätter der Weiſsbuche (Carpinus Betulus) von ähnlicher Gestalt sind am Rande

Fig. 105.



Fig. 103. Blatt und Frucht der Stieleiche (Quercus pedunculata).
Fig. 104. Blatt und Frucht der Traubeneiche (Quercus sessiflora).
Fig. 105. Laubgruppe der Weiſsbuche (Carpinus Betulus, siehe auch Fig. 2. S. 4).

doppelt gezähnt (Fig. 105), sie haben eine matte Ober- und eine rauhhaarige Unterseite*). Das gestielte Blatt der Weiſsbirke (Betula alba L.) ist rhomben-triangelförmig, doppelt sägezähnig, bei älteren Pflanzen unbehaart, seine gröſste Breite liegt nahe der Basis (Fig. 106). Das ebenfalls gestielte Blatt der behaarten Birke (Betula pubescens Ehr.) ist mehr eilanzettförmig, seine gröſste Breite liegt in der Mitte der Blattfläche; in den Achseln der Hauptseitennerven zeigt sich an der Unterseite des Blattes immer Behaarung. Das Blatt der Schwarzerle (Alnus glutinosa) ist beinahe rund und an der Spitze gestutzt, die Unterseite ist in den Achseln der Hauptseitennerven behaart; der Rand ist doppelt gezähnt (Fig. 107). Die Blätter der ächten Kastanie (Castanea vesca) sind lang lanzettförmig und tief gezähnt. Die Blätter vieler Weidenarten erscheinen dagegen lineal-lanzettförmig (Taf. IV. Fig. 47). Die Ahornarten haben fingerförmig tief getheilte Blätter (Fig. 108).

Fig. 106. Fig. 107.



Die ersten Blätter der keimenden Pflanze, die sogenannten Plumula-Blättchen oder Primordialblättchen sind von den Blättern des erwachsenen Baumes oftmals der Gestalt nach verschieden; bei der Eiche, der Wallnuſs

Fig. 106. Zweiglauf und Blattstand der Weiſsbirke (Betula alba).
Fig. 107. Laubgruppe der oberen Aeste der Erle (Alnus glutinosa).

*) Man vergleiche für die Blätterformen auch den Blätterkranz auf dem Umschlag.

und den Lorbeerarten sind dieselben schuppenförmig und gehen erst allmälig in das Laubblatt über (Taf. III. Fig. 11). Die Weifsbirke hat im ersten Lebensjahre dicht behaarte, später dagegen glatte, haarlose Blätter. Die Keimpflanze des Baobab hat einfache Blätter, während der Baum zusammengesetzte Fingerblätter mit 5—7 Einzelblättern trägt u. s. w. Bei der Tanne und Fichte sind die Plumula-Blättchen der Keimpflanze schon wahre Nadeln und bei der Lerche gleichen sie den einzelnstehenden Nadeln der verlängerten jährigen Zweige, in deren Achsel im folgenden Jahre die Blätterbüschel entstehen; bei unserer Kiefer endlich sind sie für das erste Lebensjahr diesen einzeln stehenden Nadeln der Lerche ähnlich, nur mit dem Unterschied, dafs in dem zweiten Jahre aus ihren Achseln Doppelnadeln hervortreten; die Plumula-Blättchen der Kiefer entsprechen also den schuppenförmigen Blättern der folgenden Triebe*).

Für die physiologische Betrachtung wesentlicher als die äufsere Form ist der innere Bau des Blattes, der nach dem Medium, in welchem dasselbe leben soll, durchaus verschieden ist. Die untergetauchten Blätter einer Wasserpflanze sind nämlich anders gebaut als die schwimmenden und die in der Luft vegetirenden Blätter sind wiederum von den letzteren verschieden. Alle untergetaucht lebenden Blätter haben eine Oberhaut ohne Spaltöffnungen, allen schwimmenden Blättern fehlen dieselben an der Unterseite und die in der Luft vegetirenden Blätter sind wenigstens auf der einen Seite, seltener auf beiden Seiten, mit Spaltöffnungen versehen (die Mistel, die Runkelrübe, die Batate und die Colocasia) desgleichen alle gras- und schilfartigen Blätter, welche eine fast senkrechte Stellung einnehmen, wogegen die Mehrzahl der wagerecht liegenden Blätter nur an der Unterseite Spaltöffnungen besitzt.

Fig. 108.



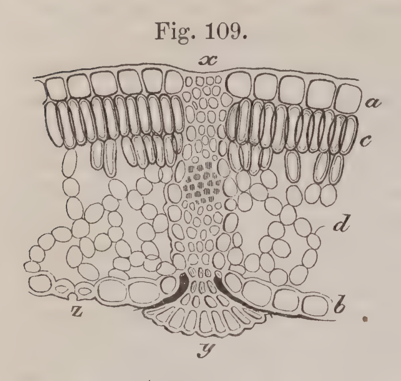
Nach dem Vorkommen der letzteren an einer oder an beiden Seiten richtet sich nun die Anordnung der Nahrungszellen im Blatte. An der Seite, wo die Spaltöffnungen liegen, ist nämlich das Nahrungsgewebe (Parenchym) immer lockerer angeordnet, und gröfsere oder kleinere Luftlücken finden sich zwischen den Zellen, während die andere Seite der Blattfläche, deren Oberhaut keine Spaltöffnungen besitzt, aus einem dichteren, regel-

Fig. 108. Blatt des Feldahorns (Acer campestre).

*) Bei der canarischen Kiefer, die gern Nebenknospen bildet, tragen auch die jungen Zweige dieser Knospen zuerst Primordialblätter; dasselbe gilt für unsere Kiefer, doch kommt der Fall nur selten vor (S. 114).

mäßsigeren Gewebe pallisadenförmig stehender Zellen (Fig. 109) besteht. Blätter, welche an beiden Seiten Spaltöffnungen führen, zeigen diesen Gegensatz in der Anordnung des Blattgewebes nicht. Der Querschnitt der Tannennadel (Fig. 102 *A*. S. 136) ist schon hierdurch vom Querschnitt der Fichtennadel verschieden. Die Tannennadel hat nämlich nur an der Unterseite in den beiden parallelen, silberweißsen Längsstreifen Spaltöffnungen; die Fichtennadel besitzt dagegen an beiden Seiten zwei schmälere Längsstreifen, in denen die Spaltöffnungen liegen und die Nadel des Wachholders zeigt nur an der Oberseite, in dem einzigen silberweißsen Längsstreifen Spaltöffnungen. Die Blätter der Eiche, der Buche, der Birke und der Erle führen die letzteren allein an ihrer Unterseite. Zahlreiche Blattuntersuchungen aus den verschiedensten Abtheilungen des Pflanzenreiches bestätigen mir, was ich so eben über den Bau der Blätter im Allgemeinen mitgetheilt. — Die Oberhaut oder diejenige Partie derselben, welche Spaltöffnungen besitzt, ist in der Regel matter oder gar weißslich gefärbt, weil die zwischen den Zellen des Blattparenchyms vorhandene Luft diese Färbung veranlaßst.

Fig. 109.

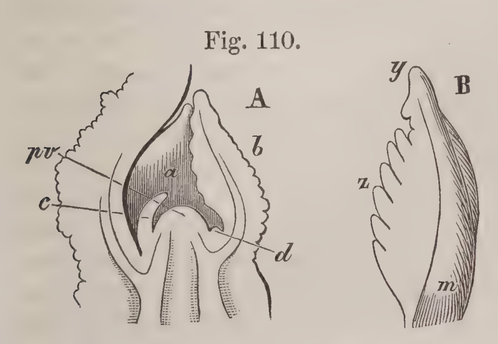


Eine vollständige Entwickelungsgeschichte des Blattes der Erle lehrte mich die Entstehung der Blattnerven. Das Erlenblatt erscheint anfänglich zwischen seinen Nebenblättern, die mit ihm auf gleicher Höhe unter dem Vegetationskegel der Stammknospe auftreten, als zelliges Wärzchen. Das Laubblatt gleicht zuerst den Nebenblättern, letztere erscheinen aber bald darauf größser als das erstere, sie wölben sich von ihrer Basis aus und das Laubblatt erhebt sich zwischen ihnen. Von der Basis ausgehend, entsteht dann der Mittelnerv des Laubblattes, der sich allmälig unter der Spitze des Blattes verliert. Das Gewebe der Blattspitze stirbt darauf ab und vertrocknet (Fig. 110). Zu beiden Seiten des Mittelnervs entwickelt sich jetzt die Blattfläche, und bilden sich zugleich die stärkeren Zähne ihres Randes. Nach jedem Zahn aber verlaufen bald darauf, vom Mittelnerv ausgehend, die ersten Seitennerven, welche unter ihrem Zahn, dessen zartes farbloses Gewebe wie die Blattspitze oder der Endzahn frühe abstirbt, endigen. Mit der Entstehung der ersten Seitennerven (Hauptseitennerven) wächst darauf die Blattfläche in die Breite und ihr Rand

Fig. 109. Querschnitt durch eine kleine Partie der Blattfläche von Betula alba; *a* Die Oberhaut der Oberseite ohne Spaltöffnungen; *b* die Oberhaut der Unterseite mit Spaltöffnungen (*z*); *c* das Pallisadenparenchym; *d* das lockere, schwammförmige Parenchym; *x* ein Gefäßsbündel als secundärer Seitennerv; *y* eine drüsenartige Schuppe (Vergrößserung 200mal).

bildet die Zähne zweiter Ordnung, zu welchen, und zwar von den Seitennerven der Basis des Blattes zuerst, Seitennerven zweiter Ordnung verlaufen, die wiederum in jedem neu entstandenen Zahne zweiter Ordnung endigen. Das Blatt erscheint jetzt kurz gestielt. Mit und zwischen den nunmehr entstandenen Seitennerven erster und zweiter Ordnung wächst dann das Blattgewebe, während sich wiederholt immer schwächer werdende Nerven als Zweige der früher entstandenen bilden. Die zuletzt entwickelten zarteren Nerven treffen vielfach im Blattgewebe auf einander und verwachsen alsdann, sogenannte Anastomosen bildend, mit einander. Jedes von Nerven, d. h. von verzweigten Gefäfsbündeln durchzogene Blatt, hat deshalb, wie es Griesebach zuerst angegeben, mehrere Fortbildungsheerde, es wächst nicht an seiner Basis allein, sondern nach der Art seiner Nervation an verschiedenen Orten, dagegen ist die Spitze des Blattes, wie es Schleiden vor ihm richtig beobachtet hatte, in allen mir bekannten Fällen, derjenige Theil, welcher am frühesten unthätig wird. Die Spitze des Blattes scheint sich genau so zu verhalten, wie die Zähne des Blattrandes überhaupt; selbige entstehen früher als das Gefäfsbündel, welches zu ihnen verläuft, und haben nur eine kurze Lebensdauer. Die meisten Blattzähne aber sind, bei genauer Betrachtung, ihrer abgestorbenen Zellen wegen, braun gefärbt. — Die Entwickelung des Blattes der Buche und der Weide erfolgt in ähnlicher Weise; auch hier entsteht zuerst eine zellige Erhebung, darauf in ihr der Mittelnerv, dann bilden sich, von letzterem ausgehend, die Hauptseitennerven u. s. w.*).

Fig. 110.



Die Nadeln unserer Zapfenbäume zeigen die einfachste Nervatur; ein centrales Gefäfsbündel, welches genau genommen, aus zwei getrennten, parallel neben einander verlaufenden Gefäfsbündeln besteht, durchzieht, ohne Seitennerven zu bilden, die Nadel (Fig. 101 *A* u. *B*. S. 135 u. Fig. 102 *A*—*D*. S. 136). Bei der Kiefer liegen beide Gefäfsbündel ziemlich weit von einander, die

Fig. 110. Alnus glutinosa. *A* Längsschnitt durch die junge Zweigspitze im Frühling; *pv* der Vegetationskegel; *a* das Nebenblatt; *b* das zu ihm gehörige Laubblatt; *d* eine Knospenanlage in der Achsel desselben; *c* ein älteres Laubblatt. *B* Ein junges Blatt; *m* der Mittelnerv; *y* die Blattspitze; *z* die Zähne des Blattrandes erster Ordnung. Durch das Verkümmern mehrerer Zähne unterhalb der Spitze wird das Blatt abgestutzt (30 mal vergr.).

*) In meinen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Gewächse habe ich auf Taf. I die betreffenden Abbildungen für die Entwickelungsgeschichte des Erlenblattes mitgetheilt.

Blätter der Araucaria und Salisburia dagegen sind mit zahlreichen Gefäſsbündeln versehen. Die meisten monocotyledonen Pflanzen, z. B. die Gräser, Liliaceen und Irideen, besitzen Blätter mit mehreren parallel der Längsachse laufenden Hauptnerven, während bei den Musaceen die Seitennerven parallel der Breite der Blattfläche verlaufen.

Bei den meisten Blättern mit verzweigten Nerven erscheinen die letzteren farblos oder gelblich gefärbt zwischen den grünen Theilen der Blattfläche. Das Blattgrün, welches die grüne Färbung veranlaſst, fehlt nämlich, wie überall im Gefäſsbündel, so auch hier in den Blattnerven. Die Oberhautzellen über den letzteren sind bei solchen Blättern (Eiche, Buche, Erle, Birke) anders geformt (Fig. 109. S. 140), hier fehlen die Spaltöffnungen und läſst sich die Oberhaut in diesem Falle nicht abziehen. Wenn dagegen die Blattnerven von einem mit Blattgrün erfüllten Nahrungsgewebe überdeckt sind und nicht bis zur Oberhaut hinaufreichen, so fallen dieselben weniger in die Augen und die Anordnung der Oberhautzellen wird durch sie nicht verändert; eine solche Epidermis läſst sich membranartig von der Blattfläche trennen, wofür die Fettpflanzen (Mesembryanthemum, Sedum), desgleichen die Farrnkräuter Beispiele geben. Die Form der Oberhautzellen selbst ist auſserdem nach den Pflanzen sehr verschieden.

Wenn das abgefallene Blatt verwest, so erhalten sich seine Nerven durch ihre verholzten Zellen ungleich länger und finden wir nicht selten die schönsten, zierlichsten Präparate solcher Blätter, durch Fäulniſs entstanden; auch hat man in neuerer Zeit durch den Naturselbstdruck, welcher in der Kaiserl. Hofbuchdruckerei zu Wien in seltener Vollendung ausgeführt wird, eine leichte Methode zur Fixirung dieser Verhältnisse gefunden. Indem man nämlich das halbtrockene Blatt zwischen weiches Metall preſst, erhält man auf letzterem einen Abdruck desselben, sammt seiner Nervation, von dem auf galvanoplastischem Wege ein Abklatsch genommen und wie der Holzschnitt direct zum Druck verwendet wird, wofür die Fig. 111 ein Beispiel geben mag. — Man kann nun mehrere Haupt-Nervationsformen der Blätter unterscheiden: 1. Einfache Nervation, mit einem Hauptnerv ohne Seitennerven, z. B. die Nadeln unserer eigentlichen Nadelbäume. 2. Parallelläufige Nervation, wenn alle Nerven mit der Längsachse des Blattes parallel verlaufen, wie dies bei den Blättern der Gräser, Irideen, Liliaceen und vieler Orchideen der Fall ist. 3. Gegenläufige Nervation, wenn die Seitennerven zwar unter sich parallel, aber gegen die Längsachse des Blattes verlaufen, z. B. bei den Musaceen. 4. Krummläufige Nervation, wenn in einem lanzettförmigen Blatte die Hauptseitennerven an der Basis und an der Spitze desselben zu einander gehen, in der Mitte aber, einen schwachen Bogen bildend, aus einander weichen, wie dies bei Convallaria und Hydrocharis vorkommt. 5. Randläufige Nervation, wenn die Hauptseitennerven, ohne Schlingen zu bilden, zum Rande des Blattes gehen und in einem Zahn oder Lappen desselben endigen, wie dies bei

der Erle, der Ulme, dem Haselstrauch, der Kastanie, der Rothbuche, der Weifsbuche, der Eiche und dem Ahorn vorkommt. 6. Schlingenbildende Nervation, wenn die Hauptseitennerven nicht im Rande des Blattes endigen,

Fig. 111.



sondern dort mit einander Schlingen, Anastomosen, bilden, wofür die Blätter der Kirsche und des Faulbaumes, desgleichen einiger Weidenarten (Salix reticulata und S. grandifolia), ferner der Wallnufs, des Cornus, des Gummibaumes (Ficus elastica) und unter den Monocotyledonen einiger Arum-Arten (Colocasia antiquorum) Beispiele geben *). — Die Nervation der Blätter ist schon länger zur Bestimmung fossiler Blattfragmente benutzt worden.

In der Basis des Blattstieles der von mir untersuchten Laubbäume mit einfachen Blättern findet man auf dem Querschnitt drei getrennte Gefäfsbündel, die als solche aus dem Stamm ins Blatt hinübertreten und, wenn Nebenblätter vorhanden sind, von den beiden Seitenbündeln Zweige in dieselben aussenden. Die drei Bündel vereinigen sich darauf im Blattstiel und zerklüften sich in ähnlicher Weise, wie sich das Gefäfsbündel

Fig. 111. Naturselbstdruck eines Blattes von Acer platanoides L.

---

*) Man vergleiche auch Pokorni über die Nervation der Pflanzenblätter. Wien 1858 mit zahlreichen Abbildungen im Naturselbstdruck.

der Pflanzen im Holzring zerklüftet, der Bastheil des Bündels liegt an der Unterseite des Blattstieles und der Blattfläche. Die Stellung der durch wiederholte Theilung der drei ursprünglichen Gefäſsbündel entstandenen zahlreichen, entweder getrennten oder vereinigten Gefäſsbündelgruppen ist aber sowohl nach den verschiedenen Bäumen, als auch nach der Höhe, in welcher man den Querschnitt durch den Blattstiel oder den Mittelnerv der Blattfläche führt, verschieden. Bei der Roſskastanie entspricht die Zahl der in den gemeinsamen Blattstiel eintretenden Gefäſsbündel jederzeit der Zahl der Einzelblätter des zusammengesetzten Blattes; sind fünf Einzelblätter vorhanden, so findet man an der Basis des gemeinsamen Blattstieles fünf getrennte Gefäſsbündel u. s. w. (Fig. 112).

Verfolgt man die Entwickelungs- und Fortbildungsweise der Blätter, so zeigen sich bei verschiedenen Pflanzen groſse Verschiedenheiten. Das gefingerte oder gefiederte Blatt entsteht, indem sich unter dem Vegetationskegel der Stammknospe neben einander die einzelnen Blattflächen erheben; so bildet sich die mittelste Blattfläche der Roſskastanie und der Rose zuerst als kleine Erhebung unter dem Vegetationskegel und darauf entsteht nach beiden Seiten eine ganz ähnliche Erhebung, die Anlage der beiden ersten Fiederblättchen, denen in ähnlicher Weise die Anlagen der übrigen Einzelblätter folgen. Jedes derselben wächst dann weiter wie ein einfaches Blatt, dessen Spitze zuerst abstirbt und dessen Haupt- und Seitennerven sich in bestimmter Folge bilden u. s. w. Das späterhin gefiederte Rosenblatt ist anfangs gefingert, seine schon ziemlich groſsen Einzelblätter liegen in der Knospe wie die Finger einer menschlichen Hand neben einander, der Blattstiel aber ist um diese Zeit noch kurz und dick (Fig. 113). Für das junge Blatt der Roſskastanie gilt dasselbe.

Fig. 112. Fig. 113.



Fig. 112. Blätter und Früchte der Roſskastanie (Aesculus Hippocastanum).

Fig. 113. Ein junges Blatt der Rosa canina; *x* eines der beiden Nebenblätter; I das Mittelblatt; II—IV die Seitenblätter der einen Seite (Vergröſserung 40mal).

Darauf beginnt die Ausbildung des Blattstieles. Bei der Roſskastanie verlängert sich nur der untere Theil des letzteren, die Einzelblätter behalten deshalb ihre ursprüngliche Stellung und das Blatt bleibt gefingert. Bei der Rose strecken sich dagegen auch die zwischen den Einzelblättchen befindlichen Theile des Blattstieles und die ursprünglich dicht über einander entstandenen Blättchen werden, wie die Stengelglieder der Knospe, bei der Ausbildung eines Zweiges (S. 70) von einander gehoben; das ursprünglich gefingerte Rosenblatt wird dadurch gefiedert. — Tief getheilte Blätter, z. B. der Ahornarten, entstehen auf ähnliche Weise; die fingerförmigen Lappen, welche in der Anlage den Einzelblättern der Roſskastanie entsprechen, treten wie diese nach einander unter dem Vegetationskegel hervor, ihre weitere Theilung unterbleibt dagegen. Die Blattflächen, welche anfänglich als Einzelblätter erscheinen, bleiben deshalb als Ganzes am Blattstiele vereinigt. Bei einigen Pflanzen sehen wir den directen Uebergang vom zusammengesetzten gefingerten, zum einfachen tief fingerförmig getheilten Blatte.

Die Entwickelungsgeschichte der Blüthe lehrt uns dasselbe Verhältniſs; die Blätter der sogenannten verwachsenen Blumenkrone entstehen gleich den Blättern der nicht verwachsenen anfänglich als kleine Erhebungen in bestimmter Anzahl unter dem Vegetationskegel der Knospe, welche zur Blüthe wird, ihre Spitzen sind so gut getrennt wie die der nicht verwachsenen Blumenblätter; später unterbleibt aber bei ersteren die Trennung, welche bei den anderen fortdauert. Man kann deshalb streng genommen nicht von verwachsenen, wohl aber von nicht getrennten Blumenblättern reden. Die Entwickelungsweise des gefingerten oder gefiederten Laubblattes unterscheidet sich also von der Entwickelungsweise der Kelch- oder Blumenblätter einer Blüthe nur durch das Hervortreten der einzelnen Blattflächen des zusammengesetzten Blattes nach einander, während bei der Blüthe sämmtliche Theile eines Kreises gleichzeitig angelegt erscheinen. — Das Rosenblatt ist mit Nebenblättern versehen, welche früher als die einzelnen Blattflächen des gefiederten Blattes entstehen.

Das groſse schön geformte, geschlitzte und durchlöcherte Blatt gewisser Aroideen (Monstera) ist anfangs ganzrandig und ohne Löcher; darauf bleiben sowohl am Rande als an bestimmten Stellen der Blattflächen Partien in der Fortbildung zurück, wodurch allmälig Löcher in der Blattfläche, desgleichen tiefe Ausbuchtungen des Randes entstehen. — Die Blätter der Palmen sind anfänglich ungetheilt, später werden sie fächerförmig (Chamaerops, Thrinax, Corypha, Latania) oder gefiedert (Chamaedorea, Phoenix, Astrocaryum u. s. w.). Sowohl das fächerförmige als das gefiederte Palmenblatt ist anfänglich der Länge nach zusammengefaltet; beim fächerförmigen Blatte endigt der Blattstiel da, wo die Blattfläche anfängt, beim gefiederten dagegen verläuft derselbe durch die ganze Blattfläche, dieselbe in zwei seitliche Hälften theilend. Das später fächerförmige Blatt der Chamaerops und der Latania zerspaltet von der Spitze her und

seine Blattfläche zerreifst strahlenförmig (bei Latania burbonica nur bis zur Hälfte der Blattfläche). Die Blattfläche des später gefiederten Blattes der Chamaedorea zerschlitzt sich dagegen, indem der Blattstiel an bestimmten Stellen fortwächst, von letzterem aus, in schmale Fiederblättchen, diese aber werden durch die Verlängerung des Blattstieles in ähnlicher Weise von einander gehoben, als die anfangs genäherten Einzelblätter der Rose durch die Verlängerung des Blattstieles von einander rücken. Die Pisang-Arten (Musa) zerschlitzen ihre grofsen Blätter, freilich erst sehr spät, in ähnlicher Weise als die gefiederten Palmen, allein die Lappen rücken, da sich der Blattstiel zwischen ihnen nicht verlängert, auch nicht von einander; das Blatt ist, überhaupt, wenn es sich freiwillig zerschlitzt und nicht vom Winde zerrissen wird, schon seinem Absterben nahe. Zur Regenzeit aber sieht man auf Madeira und den Canaren auch die jüngsten Bananenblätter, durch den Wind zerrissen, mit hin- und herflatternden Seitenlappen (Fig. 114).

Fig. 114.

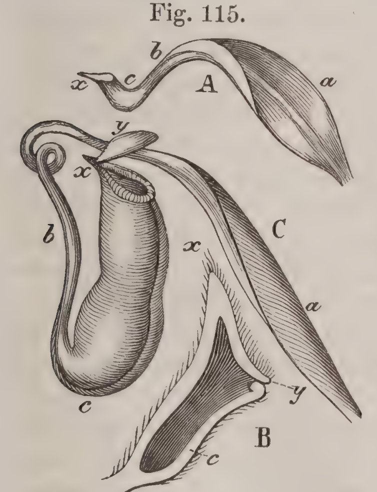


Fig. 114. Bananen. Rechts eine Musa Cavendishi, links eine Musa sapientum, mit einer einjährigen und einer zweijährigen aus Achselknospen des Wurzelstockes entstandenen Tochterpflanze.

Die Wedel der Cycadeen werden von Einigen als zusammengesetzte, gefiederte Blätter, von Anderen aber als Zweige mit begrenztem Wachsthum betrachtet. Sie wachsen an ihrer Spitze und bilden unter derselben, die man als Vegetationskegel auffassen

kann, in aufsteigender Reihe ihre Einzelblätter, deren zuletzt entstandene deshalb unter der Spitze des Wedels liegen. Der Vegetationskegel des Wedels aber stirbt auf verschiedene Weise ab, nämlich als stumpfes, von braunen Schüppchen bedecktes Ende (bei Zamia muricata), als grün gefärbte Spitze (bei Cycas), er endigt aber bisweilen auch in Blattgestalt. Für die Wedel der Farrnkräuter scheint mir dasselbe zu gelten, man kann sie gleichfalls als Zweige mit begrenztem Wachsthum auffassen. Das gefiederte Blatt der Guarea trichilioides ist endlich dem Zweige noch ähnlicher, indem es wie dieser periodisch an seiner Spitze weiter treibt und unter derselben neue Einzelblätter bildet. Die gefiederten Blätter, welche ihre Einzelblätter in aufsteigender Reihe entwickeln, bezeichnen überhaupt den Uebergang vom Blatt zum Zweige; für die Einzelblätter aber gilt ausnahmslos der Mangel einer Endknospe oder einer fortbildungsfähigen Spitze; das Einzelblatt stirbt immer an seiner Spitze zuerst ab, der Zweig dagegen lebt durch seinen Vegetationskegel an der Spitze am längsten. Die Entwickelungsweise des zusammengesetzten monocotyledonen Blattes ist von dem entsprechenden dicotyledonen Blatte, wie wir gesehen, wesentlich verschieden, indem das monocotyledone Blatt als ein Ganzes entsteht und erst bei der weiteren Ausbildung zerschlitzt, das dicotyledone Blatt dagegen seine Einzelblätter schon ursprünglich als getrennte Organe entwickelt. Die ganz jungen Wedel der Cycadeen und der Farrnkräuter sind an ihrer Spitze gleich einer Uhrfeder aufgerollt.

Fig. 115.



Unter den sehr abweichenden Blattgestalten verdienen noch die kannentragenden Blätter der Nepenthes, Cephalotus und der Saracenia-Arten (sämmtlich tropische Pflanzen) Erwähnung, indem die oft mehrere Zoll lange und weite Kanne, mit einem Deckel versehen, sich durch Secretion mit klarem Wasser füllt, und durch dasselbe in den Tropen nicht selten den Wanderer erquickt (Fig. 115).

In seltenen Fällen wird die Anlage eines Blattes dornartig ausgebildet. Die drei Dornen (Spinae), in deren Achsel der Blätterbüschel der Berberitsche (Berberis vulgaris) und der Stachelbeere (Fig. 86. S. 111) entspringt, sind aus der

Fig. 115. Das Blatt von Nepenthes destillatoria. *A* Sehr jung, in natürlicher Gröfse; *a* die Blattfläche; *b* der über sie hinaus sich verlängernde Blattstiel; *c* der erste Anfang der nachherigen Kanne; *z* die Spitze des Blattes, welche schon um diese Zeit abgestorben ist. *B* Der Längsdurchschnitt der jungen Kanne, 10mal vergröfsert; *c* der hohle kannenförmige Theil; *y* der nachherige Deckel; *z* die Spitze des Blattes. *C* Das ausgewachsene Blatt verkleinert ($\frac{1}{3}$ der natürl. Gröfse). Die Bezeichnung wie auf den anderen Figuren.

Anlage eines Blattes hervorgegangen; die untersten Blattanlagen am Wedel von Cycas werden gleichfalls dornenartig.

Ebenso kann der Blattstiel zusammengesetzter Blätter als Ranke (Cyrhus) endigen, die sich um andere Gegenstände windet und in ihnen eine Stütze für den eigenen schwachen Stengel findet (bei der Erbse), wogegen die Weinrebe und der wilde Wein (Ampelopsis) besondere Ranken bilden, welche, da sie einen Vegetationskegel besitzen und sogar unter demselben Blattanlagen zeigen, die aber selten zur weiteren Entwickelung kommen, als Stammorgane aufgefaſst werden müssen, die mit dem Laub-Blatte auf gleicher Höhe, demselben gegenüber stehen.

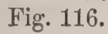
In den Gefäſsbündeln der Blattfläche, welche, wie wir gesehen, die sogenannten Nerven des Blattes bilden, finde ich überall nur Spiral- oder Ringgefäſse, was mit der Entwickelungsgeschichte der Blattfläche im Zusammenhang steht, indem sich getüpfelte Gefäſse nur da ausbilden, wo die Verlängerung eines Theiles bereits aufgehört hat. Das Blatt aber scheint, wenn es einmal ausgewachsen ist, sein Gefäſsbündel nicht weiter auszubilden, denn selbst in der Tannennadel, die bis zehn Jahr am Zweige bleibt, verändert sich das letztere nicht.

Auf der Oberhaut der Blätter erscheinen verschiedene Nebenorgane, als Haare, Schuppen, Drüsen u. s. w. Die Haare (pili) aus verlängerten Oberhautzellen entstanden, sind entweder einfach oder verzweigt, einzellig oder mehrzellig. Sie scheinen bestimmt, die Oberfläche der Blätter zu vermehren und letzteren noch mehr Berührungspunkte mit der Atmosphäre zu gewähren. Die Haare sterben nicht selten späterhin ab, so daſs manches Blatt nur in seiner Jugend behaart ist (das Blatt der Roſskastanie ist innerhalb seiner Knospe behaart, später aber haarlos). — Schuppen (squamae) sind aus mehreren Zellen bestehende flächenartig ausgebreitete Haargebilde, die von einer kürzeren oder längeren Stielzelle getragen werden. Der silberweiſse, glänzende Ueberzug der Blätter und Zweige des Sanddorns (Hippophaë) und des Oleasters (Elaeagnus), sowie der Blätter des Oelbaumes (Olea europaea) besteht aus solchen Schuppen, denen die Function der Haare zugetheilt ist. Die Blätter der Tillandsia-Arten, der Ananas, desgleichen des Rhododendron hirsutum, sind ebenfalls mit Schuppen bedeckt, welche auch hier und da als Secretionsorgane dienen und so den Uebergang von der Schuppe zur Drüse zu bilden scheinen. Drüsen (glandulae) endlich sind zellige, als Gruppen auftretende Auswüchse der Oberhaut, welche flüssige Stoffe ausscheiden. Das Blatt und die junge Rinde der Birke ist mit ihnen übersäet, sie sondern hier ein klares, sprödes, weiſses Harz (das Betulin) in Menge ab (Fig. 30. S. 31) und bekleiden sogar die Blüthen dieses Baumes. Die Blätter der Erle bereiten in ähnlich gebaueten Drüsen einen in Wasser löslichen, klebrigen, süſs aber zugleich widerlich bitter schmeckenden Stoff, welcher die klebrige Beschaffenheit der Knospen und jungen Zweige unserer Erle veranlaſst bei älteren Blättern aber vertrocknet (Fig. 109. S. 140). Das Blatt des

Quedel (Thymus Serpyllum) bereitet in ähnlichen Drüsen ätherische Oele u. s. w.

In den Blättern und Blattstielen vieler Wassergewächse findet man gröfsere, oft sehr regelmäfsig gestellte, mit Luft erfüllte, canalförmige Räume, Luftcanäle, welche in den in der Luft wachsenden Blättern bis jetzt nicht beobachtet sind; ebenso besitzt die Scheide der Musaceen-Blätter eine Unzahl regelmäfsig gestellter Luftkammern, welche in der eigentlichen Blattfläche fehlen. Verzweigte, haarförmige Zellen der Umkleidung des Luftcanals ragen bei der Seerose (Nymphaea) und der Victoria haarförmig in dessen Höhlung hinein und dienen wahrscheinlich wie die Haare an der Oberfläche anderer Pflanzen zur Aufnahme von Luftnahrung.

Die Harzgänge im Blatt und in der Rinde der Nadelhölzer sind ähnliche, jedoch von einer secernirenden Zellenschicht umgrenzte Luftcanäle (Fig. 18. S. 22), in welche das Harz zuerst als flüssiges Oel ausgeschieden wird, allmälig aber durch Aufnahme von Sauerstoff in Harz übergeht. So findet man im Harzgang der ganz jungen Tannennadel ein sehr aromatisch riechendes Oel, während die älteren Nadeln desselben Baumes ein dickflüssiges aromatisches Harz enthalten. — Die Tannen-, Fichten- und Lerchennadel besitzt nur zwei Harzgänge; die Doppelnadel der Kiefer hat dagegen nach der Kräftigkeit des Baumes mehr oder weniger (bis 24) Harzcanäle; die Wachholdernadel besitzt nur einen einzigen Harzgang, unter ihrem Mittelnerv gelegen und die Nadel des Eibenbaumes (Taxus) hat gar keine Harzgänge. Die durchscheinenden, mit ätherischem Oel oder Harz erfüllten Flecken auf dem Blatte der Citrus-Arten oder des Hypericum sind den Harzgängen der Nadelhölzer ähnlich gebaut; es sind runde Lücken im Blattparenchym, von zarten Zellen umgrenzt. — Im Nahrungsgewebe des Blattes sind Krystalle nicht selten, auch findet man bei einigen Feigen-, Nessel- und Acanthus-Arten, innerhalb einer grofsen Zelle, eigenthümliche, an einen Stiel hängende Gebilde, die aus Zellstoffschichten bestehen, in welche kohlensaurer Kalk abgelagert ist. Die Gestalt dieser eigenthümlichen Körper ist bei den Feigen- und Nesselarten traubenförmig (Fig. 116), bei den Acanthaceen dagegen von der Gestalt eines Donnerkeils u. s. w.


Fig. 116.

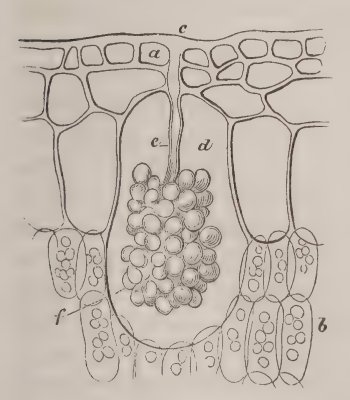


Fig. 116. Partie aus dem zarten Querschnitt eines Blattes von Ficus elastica. *a* Die Zellen der Oberhaut; *b* mit Chlorophyllkörnern erfüllte Zellen des mittleren Blattgewebes; *c* der Ort, wo das Stielchen *e* entsprungen ist; *d* die grofse Zelle, welcher dasselbe angehört; *f* der traubenförmige Körper (300 mal vergröfsert).

Nebenblätter (stipulae) sind nicht allen Pflanzen eigen, sie gehören als Theil zum Laubblatt, wie dies die Knospenschuppen der Eiche und Buche am deutlichsten zeigen (Fig. 65. S. 74 und Taf. III. Fig. 36), dieselben fehlen überall, wo der ganze Umkreis der Stammknospe zur Bildung eines oder mehrerer Laubblätter verbraucht wird. Sie mangeln deshalb allen Pflanzen mit stengelumfassenden Blättern, ferner der Rofskastanie, dem spanischen Flieder (Syringa vulgaris), den Nadelhölzern u. s. w. Wir finden sie dagegen bei vielen Laubhölzern, z. B. bei der Eiche, wo sie pfriemförmig sind und bald abfallen; bei der Buche, wo sie als lange, braun gefärbte, vertrocknete Schuppen neben dem Blattstiel herabhängen; ferner bei der Birke, der Erle u. s. w. Die Nebenblätter besitzen, wenn sie schuppenförmig sind und wie bei der Buche und Eiche den Dienst der Knospenschuppen versehen (S. 74), später aber abfallen, keine Gefäfsbündel, ihre Oberhaut hat alsdann auch keine Spaltöffnungen; wenn sie dagegen grün gefärbt sind und mit dem Laubblatte fortdauern, so erhalten sie von den zu letzterem abgehenden Gefäfsbündeln Seitenzweige und sind in diesem Falle überhaupt ihrem Mittelblatte ähnlich gebaut und wie dieses mit Spaltöffnungen versehen (bei der Erle). In seltenen Fällen werden aber auch die Nebenblätter der Buche grün und erhalten sich länger. Die Gestalt der Nebenblätter ist wie bei den Laubblättern mannigfaltig, sie sind auch nicht selten mit dem Blattstiel des Laubblattes verbunden (bei den Kleearten [Trifolium], bei der Rose u. s. w.). Die Nebenblätter entstehen, wie bereits erwähnt, mit ihrem Mittelblatt auf gleicher Höhe, also bei dem zusammengesetzten Blatte früher als dessen seitliche Einzelblätter.

Die Stellung der Blätter am Stamm, mit der sich namentlich C. Schimper und A. Braun, desgleichen die Gebrüder Bravais beschäftigt haben, ist mehr oder weniger für jede Pflanze beständig, bei manchem Baum aber je nach der Art des Zweiges verschieden, z. B. am Haupttrieb anders als am Seitentriebe. Braun und Schimper haben in der Blattstellung eine grofse Regelmäfsigkeit nachgewiesen; sie zählen bei abwechselnden Blättern sowohl die Blätter selbst als die Umgänge, welche eine Spirale um den Stamm oder Zweig gedacht, beschreiben müfste, um dasjenige Blatt zu erreichen, welches genau über demjenigen steht, von welchem die Zählung ausging. Steht z. B. das dritte Blatt über dem ersten und beschreibt die Spirale nur einen Umgang um den Stamm, so nennen sie diese Stellung $\frac{1}{2}$; steht dagegen das vierte Blatt über dem ersten, ebenfalls bei einem Umgang der Spirale, so heifst die Blattstellung $\frac{1}{3}$; steht das sechste Blatt über dem ersten und macht die Spirale zwei Umgänge, so heifst sie $\frac{2}{5}$. Der Nenner bezeichnet hier die Zahl der Blätter und der Zähler die Zahl der Umläufe. Braun und Schimper fanden, dafs folgende Bruchreihen am häufigsten in der Natur vertreten sind: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$, $\frac{8}{21}$ u. s. w. und dafs dieselben durch Addiren der Zähler und der Nenner der beiden vorhergehenden Brüche mit einander erhalten werden.

Nach der Bravais'schen Ansicht treten in der Blattstellung zweierlei

Spiralen hervor, eine krummreihige, wo kein Blatt genau über dem anderen zu stehen kommt, z. B. bei der Erle, wo das vierte Blatt nicht genau über demjenigen steht, von dem die Zählung ausging, und eine geradreihige, wo ein bestimmtes Blatt genau über einem anderen steht. Die Gebrüder Bravais glaubten für alle Spiralen einen einzigen constanten Divergenzwinkel gefunden zu haben.

Das Vorkommen einer verschiedenen Blattstellung und demnach einer verschiedenwerthigen Spirale bei derselben Pflanze, z. B. bei der Kastanie, deren Hauptzweige $\frac{2}{5}$, deren Seitenzweige $\frac{1}{2}$ Blattstellung besitzen, noch mehr aber das Vorkommen gegenständiger und abwechselnder Blätter an einer und derselben Pflanze (die keimende Buche bringt zuerst zwei gegenständige Laubblätter, später dagegen spiralig gestellte einzeln stehende Blätter) deuten auf den geringen Werth der Spirale als allgemeines Grundgesetz. Die genau gegenständige Blattstellung der Roſskastanie, des spanischen Flieders (Syringa) und anderer Pflanzen läſst sich auf keine Spirale zurückführen; die Entwickelungsgeschichte zeigt, daſs hier immer zwei Blätter, einander gegenüberstehend, auf gleicher Höhe angelegt und entwickelt werden. Die ersten Laubblätter des Keimlings der Kastanie (Castanea) sind, wie bei der Buche, anfangs gegenständig, sie scheinen auf gleicher Höhe angelegt zu werden, die eine Seite des Stammes verlängert sich aber späterhin stärker als die andere und das eine Blatt wird deshalb höher als das andere gehoben; die Spiralstellung entsteht in diesem Falle durch überwiegende Ausdehnung der einen Seite des Stammes vor der anderen. Noch deutlicher erscheint dies bei der keimenden Wallnuſs, wo die in zwei Längsreihen vorhandenen Achselknospen durch eine ungleichseitige Verlängerung des Stammes, aus der anfangs gegenständigen Lage in eine abwechselnde Stellung versetzt werden.

Die erste Ursache der regelmäſsigen Blattstellung liegt, wie leicht einzusehen, in der gesetzmäſsigen Anordnung, nach welcher der Vegetationskegel der Knospe unter sich Blätter bildet. Werden zwei oder mehrere Blätter gleichzeitig auf gleicher Höhe angelegt, und bleiben sie, weil sich der Stammtheil, welcher sie trägt, gleichmäſsig verlängert, auf gleicher Höhe, so tritt keine Spirale hervor, letztere kann aber durch eine ungleichseitige Verlängerung des Stammtheiles entstehen, wofür Miſsbildungen bei normal gegenständigen Blättern, z. B. Syringa, Beispiele geben. — Wenn dagegen, wie bei den stengelumfassenden Blättern zur Bildung eines jeden Blattes der ganze Umfang des Vegetationskegels verbraucht wird, oder zur Anlage eines Mittelblattes mit seinen beiden Nebenblättern der gröſste Theil desselben in Anspruch genommen ist, so kann schon ursprünglich kein Laubblatt mit dem andern auf gleicher Höhe liegen und in der Knospe ist deshalb schon die Spiralstellung vorhanden, welche später die Blätter am Zweige einnehmen müssen (Fig. 61 u. 62. S. 71). Warum aber die Blätter hier so regelmäſsig angeordnet sind, wissen wir nicht. — Die mathema-

tische Ausdrucksweise der Blattstellung, von BRAUN und SCHIMPER mit grofsem Fleifs nachgewiesen, ist für die beschreibende Botanik von Wichtigkeit; auch die Richtung der Spirale, ob sie links oder rechts am Stamm aufsteigt, verdient Beachtung.

Die Gestalt des Markes steht bisweilen durch die Austrittsweise der Gefäfsbündel aus dem Stamm in das Blatt mit der Blattstellung im Zusammenhang, so besitzt die Eiche ein fünfeckiges Mark (Fig. 61. S. 71); sie hat $\frac{2}{5}$ Blattstellung, d. h. das sechste Blatt steht über dem ersten Blatte und eine Spirale umkreist vom ersten zum sechsten Blatt zweimal den Stamm. Das Mark des Birkenzweiges ist ungenau dreieckig, die Blattstellung ist unvollkommen $\frac{1}{3}$, d. h. das vierte Blatt steht nicht ganz genau über dem ersten, eine Spirale umkreist, vom ersten zum vierten Blatt gedacht, einmal den Stamm. Die aufwärts gerichteten Hauptzweige der ächten Kastanie haben $\frac{2}{5}$ Blattstellung, die mehr wagerecht liegenden Seitenäste tragen dagegen zweizeilig abwechselnde Blätter ($\frac{1}{2}$ Stellung). Das dritte Blatt steht über dem ersten und die gedachte Spirallinie umkreist nur einmal den Stamm.

Am Stamm und noch mehr am Zapfen der Nadelhölzer erscheint die Spiralstellung der Blätter am ausgeprägtesten, auch ein Zweig der Tanne, dessen Nadeln abgefallen sind, was leicht geschieht, sobald der Zweig vertrocknet, zeigt die Spiralstellung der Blätter vortrefflich. Die Tanne keimt dagegen, wie wir im Abschnitt II gesehen, mit vier bis sieben Samenlappen und stehen die Nadeln und Deckschuppen ihrer ersten Blattkreise, an Zahl den Samenlappen gleich, mit einander auf gleicher Höhe; erst im zweiten Jahre der Pflanze tritt die Spiralstellung ein. Bei der Fichte, die schon im ersten Lebensjahre einen $\frac{3}{4}$ bis einen Zoll langen Trieb macht, erscheint dieselbe früher. Die Zahl der Blätter für die Spiralen scheint mir bei den Nadelhölzern nicht immer dieselbe zu sein, sondern nach der Stärke und nach dem Stand des Astes zu ändern; am Haupttrieb der Tanne fand ich in der Regel andere Zahlen als am Zweige. Am Zapfen der Nadelhölzer lassen sich mehrere Spiralen, sowohl nach rechts als auch nach links aufsteigend gedacht, natürlich von verschiedener Steigung und danach von verschiedener Umlaufs- und Blätterzahl annehmen.

Wie die Stellung der Blätter am Stamm, so ist auch deren Richtung bei demselben Baum nach dem Theil, welcher sie trägt, verschieden. Die Tanne trägt am aufrechten Haupttrieb ihre Nadeln aufrecht rund um den Stamm, an den wagerecht liegenden Aesten und Zweigen dagegen wagerecht und zwar nach jeder Seite des Zweiges in zwei oder drei sich deckenden Reihen (zweizeilig) gerichtet, wodurch sie den Namen der Kammtanne (Abies pectinata) erhalten hat. Die mehr aufgerichteten Blüthenäste desselben Baumes vermitteln gewissermafsen den Uebergang von der einen Blattlage zur anderen. Auch für die Fichte ändert sich die Lage der Blätter nach der Richtung des Astes oder Zweiges; bei wagerechter Lage

stehen die Nadeln mehr zweizeilig, am aufrechten Haupttrieb oder am abwärts hängenden Zweige dagegen mit ihrer Spitze der Endknospe des Zweiges zugewendet, rund um den Stammtrieb, der sie trägt, und für Taxus, dessen Seitenzweige eine wagerechte zweizeilige Blattstellung besitzen, gilt dasselbe.

Die Lage der Blätter zum Zweig gewisser Bäume ist also von der Richtung des letzteren abhängig. Bei der Kastanie sahen wir am aufwärts strebenden Ast eine andere Blattstellung als am mehr wagerecht liegenden Zweige; hier ändert sich die Blattstellung durch die Anlage der Blätter in der Knospe selbst, bei den Nadelhölzern wird sie dagegen erst durch die Richtung, welche die Nadeln bei ihrer Ausbildung annehmen, bedingt. Im Allgemeinen erkennt man nun in der Lage der Blattfläche ein Streben derselben, ihre gröſste Fläche dem Licht zuzuwenden, wofür der Epheu ein geeignetes Beispiel liefert, indem bei jeglicher Stellung des Zweiges die Blätter sich immer so zu wenden wissen, daſs ihre organische Oberseite dem Lichte zugewendet ist.

Das Blatt der einen Pflanze verlangt aber zum Leben mehr Licht als das der anderen. Ein Baum, dessen Blätter sich gewissermaſsen decken, wie dies bei der Rothbuche, auch bei der Tanne und Fichte der Fall, bedarf weniger Licht als ein Baum, dessen Belaubung lichter ist, z. B. die Birke und die Kiefer, die beide keine Beschattung vertragen. Die Kiefer verliert überall die beschatteten Zweige; ihr Stamm wird, so weit ihn seine Krone überdeckt, astrein. Die Aeste und Zweige der Tanne und namentlich der Fichte, erhalten sich dagegen viel länger am unteren Theile des Stammes.

Wenn im Herbste die Blätter fallen, so trennen sich dieselben durch das Blattgelenk (S. 134) mit mehr oder weniger glatter Fläche vom Stamme. In letzterem aber ist die Trennungsgrenze vielfach schon vorher mehr oder weniger scharf bezeichnet; bei der Tanne und Fichte erkennt man dieselbe bereits im ersten Lebensjahre der Nadel. Das Blatt selbst wird nach der Baumesart in verschiedener Weise abgeworfen, nämlich 1. durch plötzliches Absterben einer zartwandigen Zellschicht im Blattgelenk, durch Nachtfrost oder andere Ursachen veranlaſst, bei denjenigen Pflanzen, welche ihre Blätter bis zum Abwerfen grün erhalten, z. B. bei Syringa vulgaris, bei Platanus in unseren Gegenden. 2. Durch allmäliges Aufheben der Saftcirculation zwischen Blatt und Stamm, von einer Korkbildung im Blattgelenk veranlaſst. Die herbstliche Färbung der Blätter beruht wahrscheinlich auf dieser allmälig verminderten und zuletzt ganz gehemmten Saftcirculation zwischen Stamm und Blatt, und findet man die Blattnarben überall entweder durch abgestorbene oder verkorkte Zellen bedeckt. Die Blätter des Ahorns, der Birke, der Buche und der Eiche entfärben sich schon frühe, aber nach der Lage des Standorts zu verschiedener Zeit; die Platane behält dagegen ihre Blätter sehr lange; bei der Lerche fallen sie nach dem ersten Nachtfrost. Die Kiefer trägt ihre Doppelnadeln zwei bis höchstens

vier Jahre *), die Tanne und Fichte behalten dieselben zehn bis zwölf Jahre. Der Gummibaum (Ficus elastica) unserer Blumentische trägt seine Blätter ebenfalls mehrere Jahre; während der ächte Feigenbaum (Ficus carica) dieselben zur Herbstzeit verliert; der Buchsbaum, der Epheu, das Sinngrün (Vinca), die Mistel (Viscum album) u. s. w. behalten ihre Blätter zwei oder mehrere Jahre. Unter den tropischen Bäumen mit periodischem Wachsthum giebt es einige, welche ihre Blätter so lange tragen, bis die Knospen des vorigen Jahres aufbrechen und sich neue Blätter entfalten. So zeigt die Anona squamosa nur für sehr kurze Zeit im Frühjahre kahle Zweige, weil ihre alten Blätter erst abfallen, wenn die neuen hervortreten. Selbst unsere Stieleiche trägt auf den Promenaden von Funchal ihre Blätter viel länger, Mitte Februar hat dieselbe schon grünes Laub und Blüthen und behält das erstere bis zur Mitte des December. Der Pfirsichbaum aber behält dort, wie die Anona, seine alten Blätter bis zur Ankunft der neuen und der Weinstock bleibt in sehr geschützter Lage einzeln durch den Winter grün. Die eigentlich immer grünen Gewächse dagegen tragen ihre Blätter mindestens durch zwei Wachsthumsperioden.

Ob immer grüne Pflanzen auch im Winter wachsen, ist eine sehr natürliche Frage. — Für die Nadelbäume mufs ich dieselbe verneinen. Sobald sich die Endknospe geschlossen, wächst kein Stamm, kein Zweig mehr in die Länge, wohl aber noch im Umfange. Mit dem Eintritt des Winters hört nun bei unseren Bäumen, die Nadelhölzer nicht ausgenommen, auch das Wachsthum im Umkreise auf, und die Nadeln selbst färben sich im Herbste dunkler. Der Holztheil des Gefäfsbündels der älteren Tannennadel zeigt keine Veränderung, keine Jahresringe, wie zu erwarten stände, wenn die Nadel überhaupt länger als eine Wachsthumsperiode für ihre eigene Ausbildung thätig wäre, dagegen scheint dieselbe als Ernährungsorgan auch später für den Baum zu sorgen.

Das Blatt ist gewissermafsen das für die Atmosphäre und für die Einwirkung des Lichtes bestimmte Organ der Pflanze, es wendet, wie wir gesehen, in den meisten Fällen seine gröfste Oberfläche dem Lichte entgegen. — Wenn die Knospe im Frühlinge ihre Blätter entfaltet, so sind dieselben hellgelb gefärbt; ihre Zellen enthalten körnige Stoffe, deren chemische Beschaffenheit schwierig zu ermitteln ist. Durch Einwirkung des Lichts färben sich darauf die jungen Blätter grün. Der mit schneeweifsem Köpfchen aus der Erde hervorbrechende Spargel ist schon nach wenigen Stunden grün gefärbt. Die directe Einwirkung des Lichts, welche hier den chemischen Procefs verändert, bewirkt auch das Grün des Waldes, indem im Nahrungsgewebe der Blätter Blattgrün (Chlorophyll) entsteht, welches sich im Herbste wieder in einen gelben Farbstoff (in Xanthophyll) oder in einen rothen Farbstoff (in Erythrophyll) verwandelt, und so die

---

*) Nach Pfeil erhalten sich die Nadeln der Kiefer in der Beschattung länger als im Lichte, wo sie nach zwei Jahren abfallen.

herbstliche Färbung der Blätter bewirkt, zu welcher das Auftreten einer Korkschicht im Blattgelenk, welche die Saftbildung zwischen Blatt und Stamm behindert, durch eine Rückwirkung auf den chemischen Procefs wahrscheinlich die erste Ursache liefert. — Die Birke und die Kiefer gedeihen nur im Vollgenusse des Lichtes. Die Blätter der Birke decken sich nicht, wie bei der Buche, sie hängen einzeln frei, dem Lichte preisgegeben. Auch die Eiche verlangt einen ziemlich lichten Stand; die Buche, Tanne und Fichte dagegen können mehr Schatten vertragen.

Auf dem Laubblatte kann sich bei gewissen Pflanzen eine Knospe entwickeln, aus welcher ein Stamm hervorgehen kann. Nun sind aber die Bedingungen zur Bildung einer Knospe überall gegeben, wo Gefäfsbündel in einem fortbildungsfähigen Gewebe liegen. Knospenbildungen auf dem Blatte sehen wir bei der Wiesen-Cardamine (Cardamine pratenses), bei Bryophyllum und Malaxis paludosa (einer kleinen aber seltenen Orchidee sumpfiger Wiesen), sowie bei vielen, namentlich tropischen, Farrnkräutern. Die isolirten Blätter anderer Pflanzen schlagen dagegen leicht Wurzeln (bei der Pfeffermünze), welche durch unmittelbare Bildung einer Wurzelknospe entstehen. Aus der auf dem Blatte entstandenen Stammknospe, welche mit der Anlage zu einem Vegetationskegel beginnt und sich durch letzteren in normaler Weise fortbildet, entwickelt sich dann allgemach ein junges Pflänzchen und die auf den Blättern entstandenen Knospen werden zu Brutknospen. Ebenso kann auch die im Blatte entstandene Wurzel sich durch spätere Bildung von Stammknospen zur neuen Pflanze entwickeln; niemals aber kann das Blatt direct, d. h. als solches, zum Stamm oder zur Wurzel werden. — Für unsere Waldbäume ist mir kein Fall einer Brutknospenbildung aus dem Laubblatt bekannt.

Im Blatte findet man in der Regel dieselben Stoffe, welche in den grün gefärbten Theilen der Rinde vorkommen, und zwar auf bestimmte Zellenarten angewiesen. Das Stärkmehl und das Blattgrün finden sich nur im Nahrungsgewebe der Blätter. Der Milchsaft, wenn solcher vorhanden ist, entquillt nur den Milchsaftgefäfsen der Gefäfsbündel. Die Gefäfszellen führen, wie überall im ausgebildeten Zustande, Luft, das Cambium der Gefäfsbündel aber ist, wie in anderen Pflanzentheilen, reich an stickstoffhaltigen Verbindungen. Jede Zellenart führt auch hier ihr eigenes Leben, und jede trägt, auf die anderen wirkend, zu deren Leben bei; das Blatt aber sorgt für den Stamm, und der letztere umgekehrt für das Blatt. So greift im pflanzlichen wie im thierischen Organismus Alles in einander, und ist das eine Organ zum normalen Leben des Ganzen nicht minder wichtig als das andere.

Für das Leben der Blätter und seine Thätigkeit zu Gunsten der übrigen Theile der Pflanze aber müssen wir, wie ich glaube, zwei Perioden unterscheiden, nämlich 1. die Zeit seines eigenen Wachsthums, wo das Blatt viel Nahrungsstoffe für seine eigene Ausbildung verbraucht, und diese zunächst aus den Reservestoffen des vorigen Jahres erhält, und 2. die

Zeit seiner Thätigkeit zur Ernährung der Pflanze durch Aufnahme von Luftnahrung u. s. w., welche erst nach der vollständigen Ausbildung des Blattes im vollen Maſse eintritt. Dasselbe braucht dann, wie es scheint, nichts mehr für sich selbst; die Tannennadel verändert sich mit den Jahren nicht weiter, sie wird nicht gröſser und dicker, wie sie im ersten Jahre gewesen, wohl aber wirkt sie ernährend auf den Zweig, und ebenso beschafft das Blatt der Zuckerrübe erst, wenn es ausgewachsen ist und für sich selbst nichts mehr bedarf, der Rübe ihren Zuckergehalt. Deshalb sind die Rüben mit geil gewachsenen groſsen Blättern zwar gröſser, aber zuckerärmer, als die Rüben mit kleinen Blättern, welche allerdings kleiner, aber viel reicher an Zucker werden. Jeder Blattkreis der Beta steht nämlich mit einem bestimmten Gefäſsbündelkreise der Rübe im Zusammenhange, und ist die Breite der letztern und damit der Durchmesser der Rübe von der Wachsthumsdauer der Blätterkreise abhängig. Die Zuckeranhäufung dagegen erfolgt erst im höheren Grade, wenn das Wachsthum der Blätter und der mit ihnen im Zusammenhange stehenden Gefäſsbündelkreise beendigt ist, und steigt mit der Lebensdauer der ersteren. Wahrscheinlich wird nun das Blatt aller Pflanzen erst, wenn es selbst ausgebildet ist, so recht eigentlich zur Ernährung der übrigen Theile und dadurch auch zur Bildung der Reservestoffe für die kommende Vegetationsperiode sorgen. Auch die Kartoffel setzt bei geilem Blattwuchs wenig Knollen an, die, so lange die Blätter selbst fortwachsen, klein und arm an Stärkmehl bleiben; wogegen die Kartoffelstaude von normalem Wuchs, wenn ihre Blätter ausgebildet sind, zunächst für die Erzeugung junger Knollen und für die Anhäufung des Stärkmehls in ihnen sorgt. Ebenso erzeugt der wilde Zweig der Bäume, welcher für seine eigene Ausbildung viel Nahrung verlangt, zwar einen breiten, aber sehr leichten Jahresring, desgleichen ist die Bildung der Reservestoffe beschränkter als im normalen Zweige.

VI.

Die Wurzel.

Auf der Höhe des Gebirges, wo der Windbruch vielfach Schaden bringt, trotzt die alte Tanne Sturm und Wettern. Ihre starken, tief gehenden Wurzeln senken sich in Felsenrisse, sie umklammern das Gestein und der hohe, säulenartige Stamm, den eine breite Krone überschattet, schwankt zwar, vom Winde bewegt, fällt aber niemals, es sei denn, daſs andere, stärkere Bäume auf ihn stürzen und seinen Fall erzwingen. Die Fichte dagegen, mit wagerecht verlaufenden, kaum zwei Fuſs tief in die Erde eindringenden Wurzeln ist vorzugsweise dem Windbruche ausgesetzt, sie stürzt und nimmt das Erdreich, in welchem ihre Wurzeln haften, im Fallen mit empor. Auch die Pyramidenpappel unterliegt sehr leicht dem Sturme, weil ihre Wurzeln zur Höhe und Stärke des Stammes in keinem Verhältnisse stehen, und wird dadurch den Deichen und Kunststraſsen gefährlich, während die Weide durch ihr verzweigtes Wurzelgeflecht die Uferbauten schützt und vielfach zur Befestigung der Dämme Verwendung findet. Die Eiche endlich, mit starkem Wurzelvermögen, weicht nur dann des Sturmes Wuth, wenn ihr Stamm oder ihre Wurzeln, wie bei alten Bäumen häufig, im Innern abgestorben, also markfaul sind.

Die Wurzel, für den Baum sehr wichtig, dient ihm als Haft- und Ernährungsorgan und versieht auch bei den meisten Pflanzen beide Zwecke; die Luftwurzeln dagegen, welche nie den Boden erreichen, sind nur Ernährungsorgane, sie fehlen unseren Bäumen und scheinen überhaupt zunächst für Pflanzen tropischer Klimate bestimmt. Der Stamm baumartiger Farrn, in einer feuchten warmen Atmosphäre lebend, bekleidet sich mit ihnen, und die alten Stämme eines Lorbeerbaums der atlantischen Inseln (Laurus canariensis) sind in den feuchten Waldesschluchten gleichfalls mit Luftwurzeln eigenthümlicher Art bedeckt, welche alljährlich mit dem Herbstregen hervorbrechen, in der trockenen Jahreszeit aber vertrocknen und abfallen. Einem Baumschwamm nicht unähnlich, wurden sie früher für Pilze gehalten und von Bory de St. Vincent als Clavaria Lauri beschrieben. Die Orchideen der heiſsen Zone, die auf den Bäumen des Urwaldes leben, ent-

senden gleichfalls Luftwurzeln in Menge, während die Orchideen unserer Wälder und Wiesen ihrer nicht bedürfen. Für alle Pflanzen, welche in der Erde wurzeln, ist die Wurzel Haft- und Ernährungsorgan zugleich; für auf dem Wasser frei schwimmende Gewächse ist sie dagegen, den Luftwurzeln entsprechend, Ernährungsorgan allein.

Der Baum, sowie die meisten höheren Pflanzen, bedürfen zweierlei Nahrung, welche ihnen Luft und Boden darbieten. Die Blätter und die grünen Rindentheile entziehen der Luft gas- und dunstförmige Stoffe, sie absorbiren z. B. die Kohlensäure der Luft und verarbeiten dieselbe für die Zwecke der Pflanze. Die Wurzel dagegen entzieht dem Boden in Wasser gelöste Stoffe, sie sorgt für Bodennahrung, sie liefert der Pflanze zunächst den Stickstoffgehalt, den sie dem Humus und der Ackerkrume abgewinnt; sie liefert ihr ferner die mineralischen Substanzen, die wir in der Pflanzen-Asche wiederfinden, nimmt aber gleichzeitig auch lösliche Kohlenstoffverbindungen auf. Der Kalk und die Talkerde werden wahrscheinlich als doppelt-kohlensaure Salze, in Wasser gelöst, der Pflanze zugeführt. Die Ackerkrume zerlegt nun die Luft, deren Stickstoff sich mit Wasserstoff zu Ammoniak und mit Sauerstoff zu Salpetersäure verbindet; das letztere soll aber nach Mulder mit den Humussäuren Salze bilden, welche die Fähigkeit besitzen, noch mineralische Verbindungen, z. B. Eisenoxydul, Talk- und Kalkerde, mit sich zu löslichen, zusammengesetzten Salzen zu vereinigen. Durch die Wurzel empfängt die Pflanze also auf dem Wege der Diffusion sowohl mineralische als organische Nahrung, durch die Blätter aber erhält sie organische Nahrung allein. Das zu ihrem Leben so nothwendige Wasser wird ihr gleichfalls zum gröfsten Theil durch die Wurzel zugeführt.

Pflanzen, die auf dem Wasser schwimmen, ohne irgend eine Verbindung mit dem Boden, bedürfen des letzteren nicht. Unsere Wasserlinsen (die Lemna-Arten) entziehen durch ihre Wurzeln dem Wasser die erforderlichen Nahrungsstoffe, und die der Luft zugewandte Fläche der schwimmenden Pflänzchen entnimmt der letzteren die zum Leben nöthigen Stoffe. Pflanzen mit untergetauchten Blättern bedürfen dagegen der directen Einwirkung der Atmosphäre nicht, sie erhalten schon durch das Wasser, in welchem sie leben, die ihnen nöthige Luftnahrung, sind dagegen meistens auf Bodennahrung durch ihre Wurzeln angewiesen. Noch andere Gewächse haben sowohl untergetauchte als schwimmende Blätter. Das schwimmende Blatt ist, wie wir gesehen (S. 139), seiner Function angemessen, anders gebaut als das untergetauchte. Derselbe Stamm des baumartigen Farrn hat Wurzeln für die Erde und Wurzeln für die Luft bestimmt; dieselbe Wasserpflanze hat Wurzeln für den Boden und Wurzeln für das Wasser. Leider sind namentlich die Wasserpflanzen noch sehr mangelhaft untersucht; wir wissen deshalb nicht bestimmt, ob überall Unterschiede in der Ausbildung der Wurzeln einer Pflanze, je nachdem selbige in dem einen oder in dem anderen Medium leben soll, vorhanden sind. Für das Blatt sind solche Unterschiede bekannt; allen unterge-

tauchten Blättern fehlen die Spaltöffnungen, welche die schwimmenden Blätter auf ihrer Oberseite tragen. Endlich giebt es Pflanzen, die gar keine eigentliche Wurzel besitzen, z. B. unsere Laub- und Lebermoose, deren Stämmchen dafür aber Wurzelhaare entsendet, welche die Bodennahrung aufsaugen, und einige Orchideen unserer Wälder (Epipogum und Corallorhiza), wo der in feuchter Lauberde kriechende, eigenthümlich geformte Stamm (das Rhizom) Wurzelhaare ausschickt und durch sie den Dienst der fehlenden Wurzel versieht.

Jede Wurzel entsteht aus einer Wurzelknospe und endigt wieder mit einer solchen, d. h. jede Wurzel schliefst mit einem Vegetationskegel, den eine Wurzelhaube bekleidet. Eine Wurzel kann deshalb niemals Blätter bilden, sie wächst dagegen wie der Stamm durch ihren Vegetationskegel an ihrer Spitze.

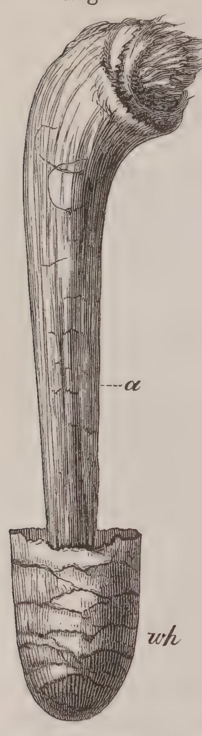
Die Wurzel entsteht auf zweierlei Weise, entweder direct aus der Wurzelknospe (Radicula) des Keimes (S. 83) oder durch Bildung einer neuen Wurzelknospe am Verdickungsringe des Stammes oder der Wurzel. Die erstere wird Pfahlwurzel, die andere Nebenwurzel genannt. Die Wurzelknospe aber kann sich, wie die Stammknospe, überall, wo Gefäfsbündel mit einem fortbildungsfähigen Gewebe zusammentreffen, erzeugen, und habe ich auf S. 83 ihr Entstehen am Verdickungsringe beschrieben.

Aus der Wurzelknospe des Keimes der Dicotyledonen bildet sich die Pfahl- oder Hauptwurzel, welche, wie wir bei der Keimung (Abschnitt II) gesehen, gewissermafsen die Verlängerung der Achse des Keimes nach abwärts darstellt. Unsere Bäume keimen, wie die dicotyledonen Pflanzen überhaupt, mit einer Pfahlwurzel, die aber oftmals schon frühe durch starke Seitenwurzeln, z. B. bei der Fichte, überholt wird. Die Monocotyledonen keimen dagegen mit keiner Pfahlwurzel; selbst die Wurzelanlage im Keim der Palmen entspricht, genau betrachtet, den Nebenwurzeln, welche später das Keimlager entsendet (Fig. 53. S. 58); sie ist nicht wie dort das unmittelbare Ende der Keimachse, liegt also nicht frei wie am Keim der Dicotyledonen, mufs vielmehr erst das Gewebe des Keimes durchbrechen, wie die später entstehenden Nebenwurzeln, die ebenfalls vom Keimlager oder vom Verdickungsring ausgehen und das Gewebe der Rinde durchbohren. Der Keim einiger Getreide-Arten hat bereits die Anlage zu mehreren Nebenwurzeln. (Triticum fastuosum keimt mit drei Nebenwurzeln, Lolium speciosum treibt dagegen (Fig. 44. S. 47) nur eine Nebenwurzel, denen sehr bald neue Nebenwurzeln nachfolgen.)

Bei der Keimung der Dicotyledonen erscheint die Wurzel immer zuerst und sie ist oft schon lang und stark, wenn die Stammknospe noch zwischen ihren Samenlappen schlummert (bei der Eiche und der Wallnufs). Bei der Palme und den Gräsern dagegen treten Wurzel und Stamm so ziemlich zu gleicher Zeit aus dem Samen hervor; bei der Keimung der Farrnkräuter entwickeln sich ebenfalls Stamm und Wurzel gleichzeitig und könnte man

hier die erste Wurzel, welche frei entsteht, d. h. keine Rindenschicht durchbricht, als Pfahlwurzel betrachten.

Fig. 117.



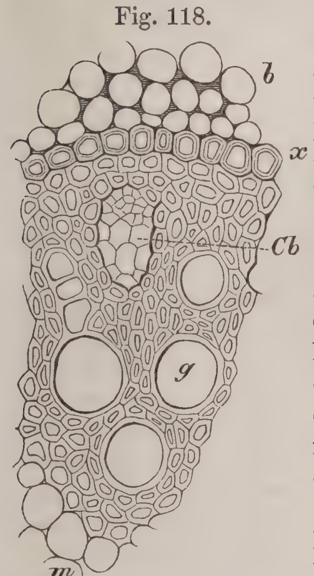
Die Wurzel bleibt sich nun, sie sei entstanden, wie sie wolle, in ihrem wesentlichen Bau für immer gleich. In allen Fällen ist ihr Vegetationskegel von einer Wurzelhaube überdeckt, in allen Fällen hat sie einen Verdickungsring (Fig. 117). Wie das Verhalten des letzteren für sich und zu den Gefäſsbündeln im Stamm der Pflanzen wesentliche Unterschiede hervorruft, den geschlossenen Holzring der Dicotyledonen und die zerstreuten Gefäſsbündel der Monocotyledonen bedingt, eben so sehr, ja vielleicht in einem noch höheren Grade, wirkt auch sein Einfluſs auf die Wurzel.

Die Thätigkeit des Verdickungsringes erlischt in der Wurzel der Monocotyledonen und der höheren Kryptogamen frühzeitig, dieselben bleiben deshalb verhältniſsmäſsig schwach und können nur aus ihren jüngsten Theilen Seitenwurzeln entsenden. Bei den Palmen und den Smilax-Arten, welche letztere die bekannte Sarsaparille liefern, verholzen bestimmte Zellen des Verdickungsringes, indem sie eine kreisförmige Scheide um das centrale Gefäſsbündelsystem bilden (Fig. 118). Mit der Bildung dieser Kernscheide ist aber das Dickenwachsthum begrenzt, die monocotyledone Wurzel vermehrt deshalb die Zahl ihrer Gefäſsbündel nicht, wie dies beim Stamm, so lange derselbe noch in der Dicke zunimmt, der Fall ist. Nur bei dem Drachenbaum und bei Pandanus erscheint diese aus verdickten Zellen bestehende Scheide, erst später und zwar wenn die Wurzel dieser Bäume aufhört sich zu verdicken, bis dahin aber wächst dieselbe wie der Stamm durch den Verdickungsring. Die einzelnen Gefäſsbündel der monocotyledonen Wurzel, welche in der Regel nur einen einfachen Kreis bilden, sind meistens nicht wie im Stamm durch Parenchym scharf von einander geschieden, sie schlieſsen vielmehr gewissermaſsen zu einem Ringe zusammen, in welchem nur die Cambiumzellen der einzelnen Bündel als isolirte Gruppen auftreten. Bei den Kryptogamen endlich ist in der Wurzel nur ein einziges centrales Gefäſsbündel vorhanden. Auch bei der Palme geht der Stamm nicht, wie bei den Dicotyledonen, allmälig in die Wurzel über, er schlieſst vielmehr, wie bei allen Monocotyledonen, am Grunde

Fig. 117. Eine junge Luftwurzel von Pandanus odoratissimus im vertrockneten Zustande. Die Wurzel (*a*) hat sich beim Austrocknen stark zusammengezogen, wodurch die Wurzelhaube *wh*, welche hier aus zahlreichen, sich unregelmäſsig deckenden Schichten besteht, besonders deutlich hervortritt (Natürliche Gröſse).

mit einem fortbildungsfähigen Gewebe, dem Keimlager, ab, aus welchem beim Keimen die erste Wurzel und später noch viele folgende entspringen, so dafs die Zahl der schwachen, sich nach einander aus der Basis des Stammes entwickelnden Wurzeln die stärkere, sich selbst vielfach verzweigende Pfahlwurzel der Dicotyledonen ersetzt. — Betrachten wir die Hyacinthenzwiebel, welche einem Stamm mit verkürzten Stengelgliedern entspricht, so treten aus ihrem abgestutzten Grunde zahllose Nebenwurzeln hervor, aber niemals entsteht eine Hauptwurzel. Die Hyacinthenzwiebel liefert uns aber ein treffliches Beispiel für die Wurzelbildung der Monocotyledonen überhaupt, die vielfach in ähnlicher Weise aus den Knoten des Stammes Wurzeln treiben (einige Gräser und Aroideen). Die Nebenwurzeln der Dattelpalme, des Drachenbaumes und des Pandanus wachsen lange an ihrer Spitze fort und verbreiten sich deshalb über weite Bodenflächen, die Wurzeln der beiden letztgenannten verdicken sich auch nicht unbedeutend und erreichen bei Pandanus odoratissimus nicht selten die Stärke eines menschlichen Armes. Alle Palmen mit sehr hohem Stamm, z. B. die Phoenix-Arten, ferner Lodoicea, Attalea u. s. w. dringen überdies beim Keimen mehr oder weniger (bis 3 Fufs) tief in den Boden und der Stamm entsendet erst in einer solchen Tiefe seine Nebenwurzeln, so dafs sie jetzt den Stürmen trotzen können (S. 58). Die monocotyledonen Pflanzen sind also für ihre Wurzelerzeugung auf ein fortbildungsfähiges Gewebe am Grunde ihres Stammes angewiesen. Bei den Dicotyledonen aber ist die eigentliche Pfahlwurzel eine directe Verlängerung der Keimachse nach abwärts.

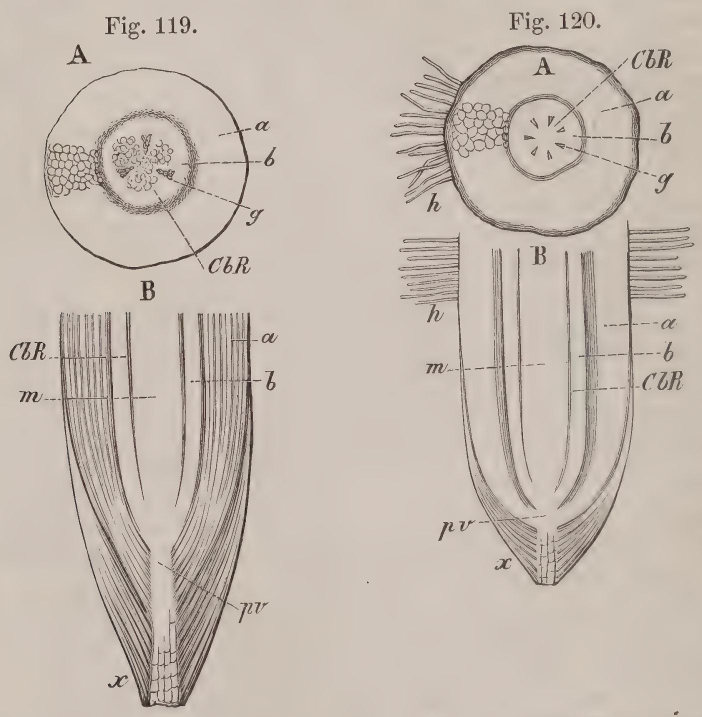
Fig. 118.



In der Wurzel der Dicotyledonen erlischt die Thätigkeit des Verdickungsringes nicht und ist das Verhältnifs der Gefäfsbündel zu letzterem wie im Stamme. Diese Wurzel besitzt deshalb in vielen Fällen ein centrales Mark (die Pfahlwurzel von Zamia, Opuntia und Juglans), einen Gefäfsbündel- oder Holzring und eine Rinde; doch ist die Ausbildung und Anordnung der Elemente dieser Theile bisweilen von derjenigen im Stamm verschieden. Der äufsere Rindentheil der Wurzel unserer Bäume stirbt z. B. schon frühzeitig ab, indem eine im Nahrungsgewebe der Rinde entstandene Korkschicht den Saftaustausch nach aufsen hin hemmt und ein Vertrocknen der äufsersten Rindenschicht, welche schon vom Anfang an als

Fig. 118. Querschnitt durch die Wurzel von Smilax (Honduras Sarsaparille) nach Schleiden. *b* Innerer Theil der primären Rinde; *x* die Zellen der Kernscheide; *Cb* das Cambium; *g* Gefäfse; *m* Markzellen (200mal vergröfsert).

solche markirt ist, herbeiführt (Fig. 119 u. Fig. 120); Organe, welche nur in ihr gebildet werden, fehlen deshalb häufig schon der jungen Wurzel. Die Rinde des Stammes der Tanne, der jungen Fichte und der Kiefer besitzt Harzgänge, welche in der Rinde der Wurzel fehlen. Schon bei der Keimung sehen wir diesen Unterschied zwischen Stamm und Wurzel, indem er die Grenze beider bezeichnet, wo unterhalb derselben die äufsere Rinde unserer Laub- und Nadelbäume frühzeitig abstirbt, während sie oberhalb



derselben, von einer wahren Oberhaut, die nicht selten Spaltöffnungen führt, bedeckt, längere Zeit lebendig bleibt.

Allein auch in der Fortbildung des geschlossenen Holzringes zeigt sich die dicotyledone Wurzel vom Stamme verschieden, indem 1. ihre Gefäfsbündel für eine kurze Zeit auch nach der Seite des Markes fortwachsen

Fig. 119. Abies pectinata. *A* Querschnitt einer schwachen Seitenwurzel; *a* äufserer Theil der primären Rinde; *b* innerer Theil derselben; *CbR* Cambiumring; *g* Gefäfsbündel. *B* Längsschnitt durch dieselbe Wurzel; *m* das Mark; *pv* der Vegetationskegel; *x* die Wurzelhaube (20 mal vergröfsert).

Fig. 120. Alnus glutinosa. *A* Querschnitt einer jungen Seitenwurzel; *a* äufserer Theil der primären Rinde; *b* innerer Theil derselben; *CbR* Cambiumring; *g* Gefäfsbündel; *h* Wurzelhaare. *B* Längsschnitt durch dieselbe Wurzel; *m* das Mark; *pv* der Vegetationskegel; *x* die Wurzelhaube (20 mal vergröfsert).

und dadurch das letztere gewissermafsen verdrängen (bei den Nebenwurzeln der Nadelhölzer und vieler Laubhölzer, ob aber überall?*) und 2. die Theilung der Gefäfsbündel im Verhältnifs zum Stamme beschränkter ist, so dafs auf denselben Flächenraum des Querschnittes, bei der Wurzel weniger aber weitere Zellen als beim Stamme kommen. Das Wurzelholz der Nadelhölzer hat deshalb doppelt und dreifach so weite Zellen und das Wurzelholz der Laubhölzer, der Eiche, der Buche u. s. w., besitzt doppelt und dreifach so weite Gefäfse als das Holz des Stammes. Das Wurzelholz ist darum leichter und hat weniger Brennstoff (Fig. 76. S. 99).

Wie Aeste und Zweige des Baumes oftmals den Haupttrieb an Stärke übertreffen, so werden auch Zweigwurzeln häufig stärker und üppiger ausgebildet als die Pfahlwurzel, der sie entsprossen sind. Wie der abgestorbene Haupttrieb eines Baumes häufig durch einen Seitentrieb ersetzt wird (S. 107), so können auch Seitenwurzeln die abgestorbene Pfahlwurzel vertreten. Bei einem älteren Baume kann man nur selten zwischen Haupt- und Nebenwurzeln unterscheiden; selbst bei der Eiche, Buche und Tanne, die in den ersten Lebensjahren eine so mächtige Pfahlwurzel besitzen, wird die letztere späterhin von Seitenwurzeln überholt. Die letzteren sind bei der Fichte schon im fünften oder sechsten Lebensjahre der Pflanze stärker entwickelt als die senkrecht verlaufende Pfahlwurzel. Einer jeden Seitenwurzel scheint damit die Möglichkeit gegeben, sich unter günstigen Verhältnissen kräftig zu entwickeln und sich zu einer secundären Hauptwurzel umzubilden.

Die Natur hat hier sehr weise gesorgt, indem der Baum, auf ein oftmals sehr hohes Alter angewiesen und an seinen Boden gefesselt, sich, die Luftnahrung abgerechnet, keine andere Nahrung selber schaffen kann, als ihm der Boden, in dem er wurzelt, darbietet. Dieser ist aber, namentlich in Waldgegenden, nicht überall derselbe, er ist vielmehr häufig in der einen Schicht anders als in der anderen beschaffen. Die Wurzeln gehen nun, nach der Baumes-Art verschieden, mehr in die Tiefe oder in die Fläche, entwickeln sich aber überall da am üppigsten, wo ihnen der Boden die zuträglichste Nahrung gewährt und bleiben zurück, wo diese mangelt; deshalb kann man den Baum zwingen, flacher oder tiefer, oder nach der einen Seite mehr als nach der anderen zu wurzeln, je nachdem man die ihm günstige Bodenart höher oder tiefer u. s. w. legt, was schon Sprengel durch Versuche bewiesen hat. Die Tanne und die Fichte senken ihre Wurzeln in die Spalten des zerklüfteten Gesteins, die mit Verwitterungs- und Verwesungsproducten angefüllt sind; versiegt die Nahrungsquelle diesen Wurzeln, ohne dafs aus ihnen entstandene Seitenwurzeln neue Nahrungsquellen finden, so stirbt besagte Wurzel ab, während andere Seitenwurzeln desselben Baumes, die auf einen günstigen Boden treffen, sich dafür mächtiger entwickeln.

---

*) Nägeli hat auf das centripedale Wachsthum der Gefäfsbündel in der Wurzel zuerst aufmerksam gemacht.

Nach der Gröfse des Wurzelzweiges richtet sich in der Regel auch die Gröfse der Zweigwurzeln, welche aus ihm hervorgehen. An einer schwachen Wurzel entspringen nur schwache Wurzelknospen, die ein sehr enges, oftmals kaum bemerkbares Mark, was übrigens ursprünglich niemals fehlt, besitzen (S. 162). Bei der Tanne, deren schwache Seitenwurzeln, wenn sie wagerecht verlaufen, in der Regel, den Nadeln der Zweige ähnlich, sich zweizeilig verzweigen (Taf. I. Fig. 20 u. 21), findet man in der Regel nur zwei Gefäfsbündel-Anlagen; aber dessenungeachtet kann ein solcher Wurzelzweig zur starken Wurzel werden, er zeigt in diesem Falle auch noch späterhin in seiner Markscheide die beiden ursprünglichen Gefäfsbündel, desgleichen ein langgezogenes Mark, während dasselbe bei anderen Wurzeln dieses Baumes rund erscheint. — Die Kiefer macht verhältnifsmäfsig wenig Seitenwurzeln, ihre Wurzeläste und Zweige sind dafür im Allgemeinen stärker als bei der Tanne. Nur die jüngeren Wurzeltheile der Kiefer scheinen zur Bildung von Seitenwurzeln fähig, die älteren bilden keine neue Zweigwurzeln, weil die frühzeitig auftretende Borkenbildung wahrscheinlich ihr Entstehen verhindert, worauf beim Verpflanzen der Kiefer sehr zu achten ist. Das Absterben der Aufsenrinde scheint überhaupt die Bildung neuer Seitenwurzeln zu beschränken; die jüngeren Theile einer Wurzel entwickeln deshalb vorzugsweise neue Seitenwurzeln.

Welcher Theil der Wurzel die Bodennahrung aufnimmt, ist eine bisher noch viel zu wenig berücksichtigte Frage; der Bau der Wurzel allein kann sie entschieden:

Lassen wir die Eichel keimen, so tritt die Phahlwurzel zuerst aus der Schale hervor. Anfänglich farblos oder schwach gelb gefärbt, und bis zur Spitze, welche die Wurzelhaube bekleidet, mit einem Flaume feiner Haare bedeckt, färbt sie sich, indem sie an ihrer Spitze fortwächst, von hinten her dunkler, indem die äufseren Rindentheile, durch Bildung von Lederkork, saftlos werden und die Oberhaut mit den Wurzelhaaren vertrocknet und eine braune Färbung annimmt, wogegen das zarte Oberhautgewebe der fortwachsenden Spitze sich mit neuen Wurzelhaaren bekleidet. Aus der Hauptwurzel entsprossen aber nach einander junge Seitenwurzeln, die anfangs gleichfalls farblos und, den von der Wurzelhaube bedeckten Theil ausgenommen, mit Wurzelhaaren dicht bekleidet sind, sich auch wie die Hauptwurzeln an ihrer Spitze verlängern, während die äufsere Rinde ihrer älteren Theile, von der Basis ausgehend, abstirbt.

Was für die Eiche gilt, hat aber auch für alle anderen von mir untersuchten Pflanzen mehr oder weniger Geltung. Bei allen ist der jüngste Theil der Wurzel, soweit ihn die Wurzelhaube nicht bedeckt, entweder mit zarten Wurzelhaaren oder mit einer nicht minder zarten Oberhaut (einem Epiblema) bekleidet, wogegen alle älteren bereits braun gefärbten Theile der Wurzel von einer Kork- oder Borkenschicht umhüllt sind. Nur der jüngste Theil der Wurzel, welcher farblos oder gelblich gefärbt

ist und den kein Kork bedeckt, ist somit fähig, dem Boden Nahrung zu entziehen; die älteren braun gefärbten Theile dagegen können, durch ihren Korküberzug verhindert, keine gelösten Stoffe in sich aufnehmen. Den zarten Theil der Wurzelspitze nennt der Förster sehr richtig das Saugorgan derselben. Eine Pflanze vertrocknet im Wasser, wenn ihre Wurzelspitzen, soweit sie noch ein Epiblema besitzen, über demselben hervorragen.

Die Wurzelhaare der Wurzelspitze sind so zart und so hygroskopisch, dafs sie, aus der feuchten Erde oder aus dem Wasser gehoben, fast augenblicklich vertrocknen; sie werden deshalb ebenso begierig Flüssigkeiten aufsaugen (Fig. 121). — Um die Behaarung der Wurzelspitzen unserer Waldbäume zu studiren, mufs man mit gröfster Sorgfalt die Wurzeln mit der Erde herausheben und augenblicklich in ein Gefäfs mit Wasser bringen; sorgfältig abgespült, findet man alsdann sowohl bei der Eiche und Buche, als auch bei der Kiefer zarte Wurzelhaare, bei der einen Baumes-Art in gröfserer, bei der anderen in geringerer Anzahl und von gröfserer oder geringerer Länge; bei der Tanne dagegen habe ich nur eine sehr zarte Oberhaut aber keine Wurzelhaare finden können. Ich vermuthe jedoch, dafs auch der Standort hier von Einflufs ist, indem auf einem günstigen Boden sich weniger Wurzelhaare als auf einem ungünstigen zu bilden pflegen. Die Wurzelhaare vermehren ohnstreitig die absorbirende Oberfläche; wo selbige fehlen, mufs also die beschränktere Fläche der Oberhaut zur Aufnahme der Nahrung genügen; wo viele Wurzelhaare vorkommen, mufs dagegen das Absorptionsvermögen der Oberhaut geringer sein, oder die Pflanze selbst vieler Bodennahrung bedürfen. Die Tanne entsendet zahllose kleine Seitenwurzeln, die in der Regel frühe wieder absterben, während fortdauernd neue gebildet werden; sie scheint also durch die Menge dieser absorbirenden Würzelchen den Mangel der Wurzelhaare zu ersetzen. Auch die Wurzel der Orobanche und der Monotropa haben keine Wurzelhaare, desgleichen die im Wasser wachsenden Wurzeln des Wasserschierlings (Cicuta virosa). Eine vergleichende Untersuchung recht vieler Pflanzen würde hier sicherlich schöne Resultate liefern, doch ist für selbige die allergröfste Sorgfalt zu empfehlen. Bewiesen ist zur Zeit: dafs jeder Baum nur durch die zarten, noch nicht mit Kork oder Borke bedeckten Wurzelspitzen Bodennahrung aufnimmt, und dafs der ältere braun-

Fig. 121.

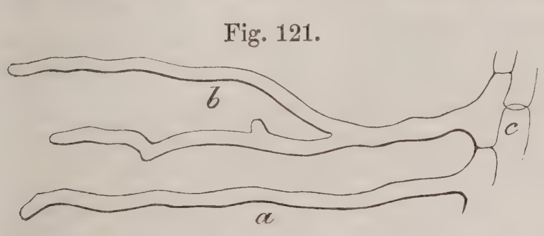
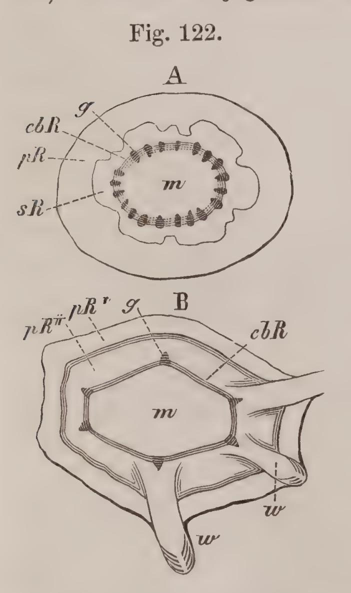


Fig. 121. Wurzelhaare von Opuntia Ficus indica. *a* Unverzweigt; *b* verzweigt; *c* Parenchymzellen der primären Rinde (150 mal vergröfsert).

gefärbte Theil der Wurzel unfähig ist, dem Boden gelöste Nahrungsstoffe zu entziehen.

Nach der Stärke der Wurzel richtet sich auch die Stärke der Wurzelspitze; was der Förster Saugwurzel nennt (Taf. I. Fig. 20 *d*), ist nur der Gröfse nach von den kleineren Seitenwurzeln (*b* u. *c*) verschieden. Die Wurzel der dicotyledonen Pflanze kann nun, da ihr Verdickungsring fortdauernd thätig bleibt, auch fortdauernd Seitenwurzeln bilden, während die Wurzel der Monocotyledonen und Kryptogamen, deren Verdickungsring bald unthätig wird, nur aus ihren jugendlichen Theilen Seitenwurzeln entsendet.

Fig. 122.



Zur Bildung einer neuen Seitenwurzel ist, wie zur Bildung einer jeden Knospe (S. 83), ein fortbildungsfähiges Gewebe, in welchem Gefäfsbündel liegen, nothwendig. — Die sehr starke Pfahlwurzel der keimenden Wallnufs zeigt auf dem Querschnitt einen Verdickungsring, in welchem, ähnlich wie bei der Nessel, die Gefäfsbündel (in der Regel zu 4 oder 6) entfernt von einander liegen. Nur wo ein Gefäfsbündel liegt, entspringt eine Seitenwurzel (Fig. 122). Die Gefäfsbündel verlaufen aber in der Pfahlwurzel unserer Keimpflanze in gerader Richtung nach abwärts und die Seitenwurzeln bilden deshalb, ihnen entsprechend, senkrechte Reihen. — Bei den Monocotyledonen und den Kryptogamen ist die Bildung neuer Seitenwurzeln gleichfalls vom Gefäfsbündel abhängig.

Bäume, deren Wurzeln tief in den Boden eindringen, gedeihen, wenn sie bodenstätig sind, d. h. wenn sie einer bestimmten Bodenart zu ihrem normalen Fortkommen bedürfen, bisweilen in den ersten Lebensjahren gut und kränkeln darauf plötzlich, oder sie gedeihen umgekehrt in den ersten Lebensjahren schlecht und wachsen dafür später um so kräftiger. Hier kann nun die Beschaffenheit des Bodens allein die Ursache des Gedeihens oder Nichtgedeihens in der einen oder anderen Lebensperiode sein. Ist nämlich ein dem Baume ungünstiger Untergrund von einer ihm zuträglichen Bodenart bedeckt, so wird derselbe anfänglich gedeihen, aber sobald seine Wurzelspitzen den ungünstigen Untergrund erreichen, kränklich

Fig. 122. Juglans regia. *A* Querschnitt des Stammes der jungen Keimpflanze; *pR* primäre Rinde; *sR* secundäre Rinde; *cbR* Cambiumring; *g* Gefäfsbündel; *m* Mark. *B* Querschnitt der Pfahlwurzel derselben Keimpflanze. Die primäre Rinde zerfällt in 2 Theile *pR* I und *pR* II. Die Seitenwurzeln (*w*) bilden sich nur da, wo Gefäfsbündel liegen (5 mal vergröfsert).

werden. Ist umgekehrt der Untergrund gut und die Oberschicht schlecht, so wird der Baum anfänglich kränkeln, dagegen sobald seine Wurzelspitzen den Untergrund erreichen, um so üppiger wachsen. Für die Tanne und alle tief wurzelnden Bäume ist die Beschaffenheit und Zusammensetzung des tieferen Untergrundes von grofser Bedeutung; dagegen wird für die flach wurzelnden Bäume, die Fichte und Pappel, der Obergrund wichtiger, dasselbe gilt für alle im Boden wurzelnden Gewächse; darum bedarf die Zuckerrübe, deren Pfahlwurzel bis über 10 Fufs tief in den Boden eindringt, zunächst eines guten Untergrundes und ist die Tiefcultur des Bodens für sie nothwendig.

Wenn man einen jungen Baum zur Zeit der Vegetation verpflanzt, so zerstört man in der Regel viele seiner Wurzelspitzen; bringt man ihn überdies nicht bald in die für seine Wurzel bestimmte Grube, so vertrocknen auch die nicht verletzten zarten Spitzen, welche beim Herausheben verschont geblieben sind. Der Baum würde jetzt nicht fortwachsen können, wenn seine älteren Wurzeltheile nicht die Fähigkeit besäfsen, neue Wurzelspitzen, d. h. neue Seitenwurzeln, zu entwickeln; diese Fähigkeit ist aber nach der Baumesart verschieden. Der junge Wald- und Obstbaum kann dagegen, im ersten Frühlinge oder im Spätherbste aus dem Boden genommen, tagelang mit unbedeckter Wurzel liegen, er kann weit versendet werden, und seine Wurzel treibt in einem neuen Boden, wenn ihre Zeit gekommen ist, weiter. Die Wurzelspitzen sind nämlich im Herbste und Winter, indem ihre Oberfläche vertrocknet oder mit Kork bedeckt ist, unthätig geworden, kehren aber im Frühlinge, und zwar im Allgemeinen früher als die Stammknospen zu neuem Leben zurück; mit dem Erwachen des letzteren wird alsdann das Versetzen der Bäume, zum wenigsten bei unvorsichtiger Behandlung, bedenklich, welche Gefahren sich, sobald die Knospen aufgebrochen sind und ihre jungen Triebe entfaltet haben, aus einem zweiten Grunde, durch die Verdunstung der jungen Blätter*), vermehren, weshalb man, wie Pfeil mit Recht hervorhebt, nur bis zum Aufbrechen der Knospen pflanzen darf. Die Decke abgestorbener oder verkorkter Zellen der älteren Wurzelrinde, welche die Aufnahme der Stoffe aus dem Boden verhindert, hemmt gleichzeitig die Verdunstung, sie wirkt wie die Borkendecke der Rinde des Stammes. — Eine Beschädigung der Wurzelspitzen beim Verpflanzen ist für die Kiefer ungleich nachtheiliger als für die Tanne, weil erstere aus ihren älteren, mit einer eigenthümlichen Borke bekleideten, Wurzeltheilen nur sehr schwierig neue Seitenwurzeln bildet.

Nur die jungen Spitzen der Wurzeln entnehmen also, wie wir gesehen, Bodennahrung, und ihre mit Wurzelhaaren bekleidete Oberhaut

---

*) Wenn man auf Madeira die Anone (Anona squamosa) aus Stecklingen erziehen will, so entfernt man zuerst die Blätter, weil nur in diesem Falle der Steckling Wurzeln bildet, im anderen aber bald vertrocknet. Dasselbe gilt aber auch für das Verpflanzen unserer Bäume.

stirbt in dem Verhältnisse, als die Wurzelspitze weiter fortwächst. Der zur Aufnahme der Nahrung bestimmte Theil der Wurzel rückt also immer weiter und kommt nach einander mit anderen Theilen des Bodens in Berührung. Daraus erklärt sich, warum die Pflanze selbst Stoffe, welche im Boden nicht reichlich vorhanden sind, dennoch in beträchtlicher Menge demselben zu entziehen vermag. Ihre Wurzelspitzen dringen nämlich immer weiter vorwärts. Ob selbige da, wo der Boden ihnen reichliche und angemessene Nahrung bietet, länger weilen; ob sie an solchen Orten länger thätig bleiben und erst dann, durch Korkbildung in ihrer Rinde, zur Aufnahme löslicher Stoffe unfähig werden, wenn es für sie nichts mehr zu nehmen giebt, ist eine Frage, die ich zur Zeit nicht zu entscheiden wage. Ob die Wurzelhaube zur Aufnahme der Nahrungsstoffe ganz unthätig ist, ob sie nur zum Schutze des Vegetationskegels dient, läſst sich eben so wenig bestimmen. Daſs sie von auſsen her abstirbt und, wenn die Wurzelspitze lange fortwächst, von innen her durch den Vegetationskegel fortgebildet wird, läſst sich dagegen mit Sicherheit nachweisen; ein centraler Längsstreifen regelmäſsiger parenchymatischer Zellen verbindet dieselbe mit dem Vegetationskegel und sind diese Zellen in der Wurzelhaube nicht selten mit Stärkmehl erfüllt, welches den seitlichen, früher absterbenden Zellschichten fehlt (Fig. 119 u. 120. S. 162). Ob die Korkschicht der Wurzelrinde nur die Wiederabgabe der durch die thätigen Wurzelspitzen aufgenommenen Flüssigkeit hindert, oder ob sie noch gleichzeitig durch ihre poröse Beschaffenheit zur Verdichtung der Gase im Boden beiträgt und selbige dem thätigen Rindengewebe überliefert, bleibt für mich gleichfalls unentschieden.

Die Wurzelhaube ist als Schutz des Vegetationskegels gegen den Widerstand des Bodens, in welchen die Wurzeln weiterdringen müssen, von gröſster Wichtigkeit, allein sie fehlt auch da nicht, wo kein solcher Widerstand zu besiegen ist, indem die Luftwurzeln der Orchideen, und die Wurzeln der schwimmenden Wasserlinsen mit einer solchen versehen sind. Bei den letztgenannten Pflanzen wurde dieselbe sogar zuerst beobachtet und für eine Eigenthümlichkeit dieser Gewächse gehalten, während sie, allgemein und ausnahmslos verbreitet, nach unserer jetzigen Kenntniſs den Charakter jeder wahren Wurzel bedingt*). Die starken Wurzeln des Pandanus odoratissimus, welche am Stamme entstehen und später in die Erde wachsen, geben das schönste Beispiel für die Wurzelhaube, welche hier sehr ausgebildet ist und, wenn die saftige Wurzel sich beim Vertrocknen zusammenzieht, als trockene aus Schichten bestehende Kappe die Wurzelspitze umgiebt (Fig. 117. S. 160); den Nadelhölzern ist gleichfalls eine sehr entwickelte Wurzelhaube eigen (Fig. 11. S. 17 und Fig. 119. S. 162).

Die Bildung der sogenannten Wurzelhülle der Orchideen läſst sich

---

*) H. Karsten hat zuerst auf das Vorkommen der Wurzelhaube als Charakter aller Wurzeln hingewiesen. Vegetationsorgane der Palmen. S. 113. 1847.

auf die schon (S. 161) besprochene Eigenthümlichkeit der Wurzelrinde, in ihren äuſseren Theilen abzusterben, zurückführen; sie ist demnach mehr oder weniger allen Wurzeln eigen, und bei einigen Orchideen nur durch die Ausbildungsweise ihrer Zellen, welche nicht selten Spiralbänder und andere zierliche Verdickungsformen zeigen, ausgezeichnet. Sie stirbt, wie die Auſsenrinde der Wurzel überhaupt, frühzeitig ab.

Wurzelschwämmchen und Wurzelausscheidungen, von denen früher viel gefabelt wurde, sind beides miſsverstandene Dinge. Den bereits abgestorbenen Theil der Wurzelhaube, desgleichen die abgestorbenen Rindenzellen, welche die Nebenwurzel bisweilen, wenn sie die Rinde durchbricht, mit emporhebt, hat man als Wurzelschwämmchen angesehen und ihnen, gleich einem Schwamme, das Vermögen, die Feuchtigkeit des Bodens in sich aufzunehmen, zugeschrieben. Die Ausscheidungen der Wurzeln aber sollten den Boden verschlechtern, indem die Pflanze durch sie sich ihrer schädlichen Stoffe entledigen sollte, während die Wurzel umgekehrt den Boden nur durch Entziehung löslicher Stoffe verschlechtern kann. Bei der Erndte aber bleiben unvermeidlich nicht unbeträchtliche Mengen der Wurzeln im Boden, und diese können, in demselben verwesend, vielleicht für eine bestimmte Nachfrucht ungünstig sein, im Allgemeinen aber nur zur Vermehrung des Humusgehaltes im Boden beitragen, wodurch die sogenannte Gründüngung so wirksam wird. Die Wurzel aber kann schon ihres anatomischen Baues wegen nur wenig Stoffe abscheiden, da ihre äuſsere Rinde zeitig abstirbt, jede Borkenbildung aber sowohl die Aufnahme, als auch die Abscheidung gelöster Stoffe verhindert, was Boussingault und Andere durch chemische Analysen bestätigt haben.

Die Wurzel der einen Pflanze entzieht bekanntlich dem Boden andere Stoffe, als die Wurzel einer anderen. Bliebe nun die Wurzelspitze immer auf derselben Stelle, so würde es der Pflanze bald an Nahrung gebrechen. Ein Feld, das mehrere Jahre hinter einander Getreide geliefert, wird zweckmäſsig einmal mit einer anderen Pflanzenart bestellt. Die Zuckerrübe darf erst, wenn sie recht zuckerreich werden soll, im dritten oder vierten Jahre wiederkehren. Hierauf aber gründet sich die Wechselwirthschaft der Landleute; man muſs deshalb wissen, was jede Pflanze bedarf, was sie dem Boden entzieht und wie das Entzogene zu ersetzen ist. Der Dünger ist dem Acker eine reiche Nahrungsquelle, denn aus ihm entwickeln sich durch Zersetzung diejenigen Verbindungen, welche bei der Ernährung so wichtige Rollen spielen. Der Wald düngt sich selbst durch seinen Blattfall, sowie durch das Moos, das seinen feuchten Grund bedeckt. Keine auch nur einigermaſsen geregelte Forstwirthschaft gestattet deshalb das Laub- und Moossammeln im Walde. Bestände, den Gemeinden angehörig, in welchen die Forstgesetze lauer gehandhabt werden, in denen namentlich das Laub- und Moossammeln weniger streng verboten ist, unterscheiden sich meistens schon durch den schlechteren Wuchs und die geringere Kräftigkeit ihrer Bäume von benachbarten Beständen, auf deren Boden das ge-

fallene Laub vermodert. Der Wald mit langer Umtriebszeit braucht keine Wechselwirthschaft.

Die Wurzel der dicotyledonen Pflanzen wächst, wie der Stamm, alljährlich in die Dicke und zeigt im Holz, wie diese, Jahresringe, die in der Regel breiter sind und mehr Frühlingsholz enthalten; das Holz der Wurzel ist überhaupt viel leichter, als dasjenige des Stammes, und zwar zunächst durch die gröſsere Weite seiner Zellen (S. 163); es liefert deshalb im Allgemeinen eine mehr poröse Kohle, die wohl ein rasches Feuer giebt, aber an Brennstoff der festeren Kohle des Stammes nachsteht. Das Wurzelholz der Kiefer ist dagegen sehr harzreich. Zur Pulverfabrication, wo eine lockere Kohle nöthig, wäre vielleicht das Wurzelholz der Linde und des Faulbaumes vorzüglicher als das Stammholz der genannten Bäume.

Bei denjenigen Nadelhölzern, deren Holz im Stamm Harzgänge besitzt, treten dieselben auch im Holz der Wurzel auf; wo sie im Holz des Stammes fehlen, sind sie auch in der Wurzel nicht vorhanden. Das Holz der Wurzel ist im Allgemeinen ungleich harzreicher, als das Holz des Stammes; bei der Lerche ist es gelblich gefärbt. Die jungen Seitenwurzeln der Tanne zeigen in ihrem Mark Harzansammlungen, welche ich in den Zweigen vermiſste.

Die gröſsere Weite der im Frühling und Sommer entstandenen Holzzellen der Wurzel gestattet bei den Nadelhölzern das Auftreten mehrerer Tüpfelreihen in denselben; selbst die Araucaria macht hier keine Ausnahme, indem auch sie nur in der Wurzel Holzzellen mit mehreren Tüpfelreihen besitzt, im Stamm aber eben so gut wie alle anderen Nadelhölzer enge Holzzellen mit einer einzigen Tüpfelreihe zeigt (Fig. 76. S. 99), wonach die Bestimmung der fossilen Araucarien, die angeblich in unserer Braunkohle vorkommen, ziemlich unsicher geworden ist, indem wahrscheinlich nicht selten das Wurzelholz irgend einer Conifere für das Holz der Araucaria gehalten wurde. Wer aber das Holz der letzteren kennt, wird selbiges nicht wohl mit dem eines anderen Nadelbaumes verwechseln können; ihm fehlen nämlich im Stamm sowohl als in der Wurzel, als Hauptkennzeichen, die Jahresringe und die Harzgänge (Araucaria brasiliensis). (Siehe den folgenden Abschnitt.)

Die Rinde der Wurzel unserer Bäume verhält sich im Allgemeinen wie die Rinde des Stammes. Bei den Nadelhölzern mit wirklichen Harzgängen, welche nur in dem ursprünglichen Rindentheil gebildet werden, z. B. bei der Tanne, Fichte und Kiefer, fehlen die Harzgänge, weil dieser Theil der Rinde frühe abstirbt. Bei der Lerche sind dagegen auch in der Wurzel kleine runde, mit Harz angefüllte Räume vorhanden. Der Bast der Rinde wird in der Wurzel einiger Bäume, z. B. bei der Buche, schwächer als im Stamme entwickelt. Die Rinde der Buche und Tanne bleibt auch an der Wurzel glatt, sie macht keine Borke; bei der Fichte, Kiefer und Lerche bilden sich dagegen an ihr ähnliche Borkenschuppen als am Stamme, auch die Wurzel der Birke ist mit demselben Lederkorke wie der

Stamm bekleidet. Bei der Euphorbia canariensis, deren Stamm viele Jahre lang seine grüne Rinde behält, umgiebt sich die mächtige, sich weit ausbreitende Wurzel mit einer dicken, braunen, aus Schichten bestehenden Korkhülle, und auch die Opuntia, Ficus indica, die gleichfalls die grüne Oberhaut am Zweige lange bewahrt, bedeckt ihre Wurzeln zeitig mit einem Lederkorke. Die Beschaffenheit der Wurzelrinde ist aber für das Leben der Wurzel sehr wichtig; die Wurzelzweige der Tanne können, weil ihre Rinde auch nach aufsen hin lebendig bleibt, noch im späten Alter Wurzelknospen bilden, während bei der Kiefer die Bildung der Wurzelknospen mehr auf die jungen Wurzeltheile, die noch keine Borke entwickelt haben, beschränkt ist.

Im Rindenparenchym der Wurzel kehren fast dieselben Stoffe wieder, welche in den entsprechenden Zellen der Rinde des Stammes vorkommen, nach der Pflanzenart Stärkemehl u. s. w.; ja sie finden sich im Allgemeinen dort in gröfserer Menge als im Stamme. Das Chlorophyll dagegen, das in dem thätigen Rindentheile junger Stämme fast überall vorkommt, pflegt in der Wurzel jederzeit zu fehlen. Die Rinde der Wurzel ist bei der Tanne im frischen Zustande röthlich gefärbt, während sie am Stamme weifslich gelb erscheint; die verzweigten, diesem Baume eigenthümlichen Bastzellen finden sich sowohl in der Rinde der Wurzel als des Stammes. Alle Zellen der Wurzelrinde sind in der Regel weiter als in der Rinde des Stammes.

Wenn eine Nebenwurzel an dem Verdickungsring eines Stammes oder einer Wurzel entspringt, so bildet sich, wie sowohl der Querschnitt als der Längsschnitt zeigen, zuerst ein kleiner mit seiner Basis am Verdickungsringe liegender Zellenkegel, der anfänglich von einer sich ebenso bildenden Nebenstammknospe nicht zu unterscheiden ist, sich bald aber durch das Auftreten einiger Zellenschichten über seinem Vegetationskegel als Wurzelknospe kenntlich macht (Fig. 123). Diese über der thätigen, der Zellenvermehrung dienenden Spitze auftretenden Zellenschichten sind nämlich die ersten Anfänge der Wurzelhaube und schon vorhanden, bevor die junge Wurzel aus der Rinde hervorbricht. In der letzteren liegend, ernährt sich die Wurzelknospe anfänglich vom Inhalt der Zellen des Rindengewebes, welche im Umkreis der jungen Wurzel vertrocknen. Der Verdickungsring ist in der Wurzelknospe schon vorhanden,

Fig. 123.

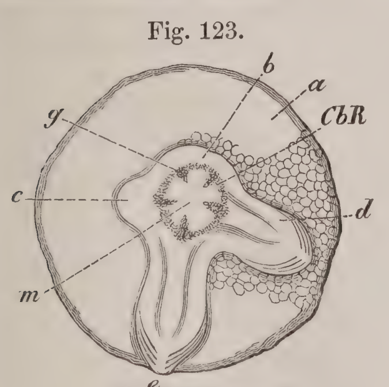


Fig. 123. Querschnitt durch eine junge Wurzel von Alnus glutinosa. *a* Der äufsere Theil der primären Rinde; *b* der innere Theil; *CbR* der Cambiumring; *c*, *d* u. *e* junge Seitenwurzeln, welche nur da entstehen, wo ein Gefäfsbündel (*g*) liegt (40mal vergröfsert).

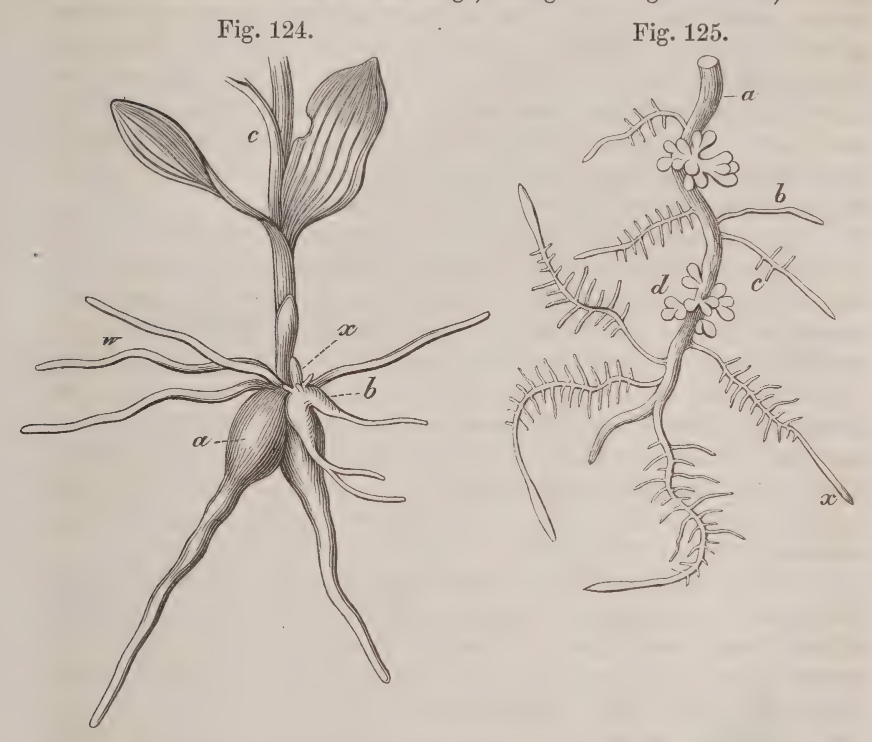
ehe letztere die Rinde verläfst; die Gefäfsbündel aber entstehen bald darauf und zwar vom Verdickungsring des Mutterstammes oder der Mutterwurzel ausgehend.

Auf Quer- und Längsschnitten älterer Hauptwurzeln, welche Seitenwurzeln entwickelt haben, sieht man häufig neben solchen, welche vom Verdickungsring der Hauptwurzel abgehen, andere Seitenwurzeln, welche aus der Mitte des Holzringes, und noch andere, welche aus der Markscheide zu entspringen scheinen. Die Weise, in welcher der Holzring jeder Wurzel und jedes Stammes wächst, erklärt diese Verschiedenheiten zur Genüge. Die Markscheide ist nun der älteste Theil des Holzringes, Seitenwurzeln, welche aus ihr entspringen, sind darum älter als solche, welche in der Mitte des Holzringes ihren Ursprung nehmen; Seitenwurzeln, die zur Zeit aus dem Verdickungsring hervorgehen, aber sind erst kürzlich entstanden. Dasselbe gilt für jeden Zweig, der aus einer Nebenknospe entstand; je näher sein Ursprung dem Marke liegt, um so älter ist derselbe. Die Zweige dagegen, welche aus Achselknospen hervorgegangen sind, lassen sich auch immer durch das Holz bis zur Markscheide verfolgen. — Nur bei der Runkelrübe ist die Bildung neuer Seitenwurzeln von dem innersten, centralen Gefäfsbündelkreise abhängig, hier stehen die Seitenwurzeln, welche zweizeilig aus der Rübe hervortreten, immer mit dem Centrum im Zusammenhang, was wahrscheinlich auch bei anderen Chenopodiaceen wiederkehren wird, da alle, selbst die baumartigen, im Bau des Stammes der Rübe entsprechen.

Eine Wurzelknospe kann, gleich einer Nebenstammknospe, an beliebigen Stellen des thätigen Verdickungsringes, sowohl am Stamm als auch an der Wurzel entstehen, die Beschaffenheit der Rinde begünstigt oder erschwert ihr Erscheinen (S. 171).

Eine Vermehrung der Wurzel durch Theilung des Vegetationskegels der Wurzelspitze selbst gehört, gleich der Theilung der Stammspitze, zu den selteneren Fällen. Durch Theilung der Wurzelspitze verzweigen sich die gelappten oder zertheilten Orchisknollen (Orchis latifolia, Habenaria, Gymnadenia) (Fig. 124), ferner die knollenähnlichen Wurzelanschwellungen ganz junger Erlen (Fig. 125), desgleichen die wunderbaren Luftwurzeln der Cycadeen und die nicht minder eigenthümlichen, einem Hirschgeweih ähnlichen, bis 4 und 5 Zoll langen Luftwurzeln des Laurus canariensis, welche in der feuchten Jahreszeit entstehen und in der trockenen absterben, um in der wiederkehrenden Regenzeit durch neue ersetzt zu werden. Die knollenähnlichen Wurzelwucherungen der Erle, welche unter günstigen Umständen allmälig aus ganz kleinen Anschwellungen hervorgehen und die man (zum wenigsten im Schwarzathal) an jeder Erle mehr oder weniger ausgebildet findet, sind abnorme Wucherungen zahlreicher Wurzelknospen, welche nicht zur Bildung einer wahren Wurzel gelangt sind. Bei der Erle erreichen diese Wurzelwucherungen nicht selten die Gröfse einer Wallnufs oder eines kleinen Apfels. Wenn die Wurzel dieses Baumes im

Schlamme kriecht, scheinen sie sich vorzugsweise zu entwickeln. Auch den Leguminosen, z. B. der Lupine und den Klee-Arten, sind ähnliche Anschwellungen der Wurzel eigen, welche in der eigenthümlichsten Weise bei den über die Erde hervorwachsenden Wurzeln der Cycadeen auftreten. Bei Ceratozamia muricata sind es lange, wenig verzweigte Wurzeln, welche



reihenweise kurze, sternförmig verzweigte Seitenwurzeln ausschicken; bei Ceratozomia mexicana verzweigen sich diese Seitenwurzeln zu einem traubenartigen Knäuel und bei Cycas circinalis theilt sich der Vegetationskegel derselben, um drei warzenartige Erhebungen zu bilden; das Ende einer solchen Luftwurzel gleicht oftmals einer Himbeere. Die genannten Bildungen entstehen am Verdickungsring der Luftwurzel in durchaus normaler Weise,

Fig. 124. Knollenbildung der Habenaria viridis. *a* Die alte Knolle, welche den Blüthenschaft *c* getrieben hat; *b* die junge Knolle, für das kommende Jahr bestimmt; *x* die Stammknospe derselben; *w* die Nebenwurzeln, welche immer über der Orchisknolle entspringen.

Fig. 125. Die Pfahlwurzel einer zweijährigen Erle (Alnus glutinosa). *a* Die Pfahlwurzel, deren Spitze bereits abgestorben ist; *b* Seitenwurzeln oder Wurzeln zweiter Ordnung; *c* Wurzeln dritter Ordnung; *d* eigenthümlich angeschwollene Wurzelzweige, welche schon an der wenige Monate alten Keimpflanze der Erle vorkommen und auch vielen Leguminosen eigen sind; *x* die Wurzelspitze mit ihrer Haube. (Taf. IV. Fig. 33.)

ihr Vegetationskegel theilt sich dagegen, sobald sie die Rinde der Luftwurzel durchbrochen haben und nach der Art dieser Theilung, welche mehr oder weniger constant ist, richtet sich die Gestalt derselben*).

Die Bildung der Wurzeln wird häufig erst durch die Umstände begünstigt oder hervorgerufen; so schlägt der Steckling des Zuckerrohrs und anderer Gräser in der Erde aus seinen Stengelknoten reichlich Nebenwurzeln, entwickelt solche aber niemals über der Erde; der Stamm des Wasserschierlings treibt gleichfalls, so weit er im Wasser lebt, aus ähnlichen Knoten zahlreiche Nebenwurzeln. Auch die Stecklinge der Weide und Pappel schlagen im Boden Wurzeln, einige Cacteen bilden dagegen, gleich dem Pandanus und dem Banianenbaum, schon in der Luft Wurzeln, welche abwärts gehend in den Boden eindringen.

Was für eine Pflanze gilt, hat darum noch nicht unbedingt für alle Geltung; so bilden nicht alle mit gleicher Leichtigkeit Nebenwurzeln. Die Nadelhölzer lassen sich, da sie mit Ausnahme der canarischen und amerikanischen Kiefern, im Allgemeinen keine Nebenstamm- und Wurzelknospen am Stamm- und an der Wurzel entwickeln können, auch nicht durch Stecklinge vermehren und ebensowenig durch Stock- und Wurzelausschlag cultiviren, sie können nur aus Samen gezogen werden. Andere Pflanzen dagegen, z. B. die Pappel und Weide, desgleichen die Rose, der Gummibaum, die Schiefblattarten (Begonia) u. s. w., vermehren sich sehr leicht durch Stecklinge. Hier mufs für jede Pflanze die Erfahrung des Forstmannes, Landmannes oder Gärtners befragt werden.

Wie jeder Stamm eine Wurzelknospe und aus der letzteren eine Wurzel entwickeln kann, so besitzt umgekehrt auch die letztere das Vermögen, Stammknospen und aus denselben Zweige, die später stammartig werden können, zu erzeugen. Der Wurzelausschlag der Espe, welcher diesen Baum als Unkraut wuchern läfst, ist hinreichend bekannt; aber auch die Hainbuche und die Esche, die Pappel und die Weide vermehren sich durch ihn. Pflanzen, welche leicht Neben-Stammknospen bilden, scheinen auch zum Wurzelausschlag geneigt.

Wo Wurzeln zu Tage liegen, bildet sich in der Regel leichter Wurzelausschlag; tiefliegende Wurzeln entwickeln dagegen nur selten Stammknospen. Wenn die Wurzel eine Rindenbeschädigung erleidet, z. B. durch Quetschung an Fahr- oder Fufswegen, so entsteht bisweilen sogar an Bäumen, welche sonst keinen Wurzelausschlag bilden, z. B. bei der Birke, ein junger Zweig, was durch die vermehrte Thätigkeit der Rinde an der verletzten Stelle seine Erklärung findet. Jede Wundfläche der Rinde ist überhaupt zur Knospenbildung mehr als die unverletzte Rinde geneigt. Bei der Pappel und bei der Rofskastanie entstehen, wo ein Ast genommen, oder wo die Rinde verletzt wurde, wulstartige Anschwellungen, auf denen sich reichlich Nebenknospen bilden (Fig. 93. S. 119), sogar die Tanne

*) Flora. 1853. H. Schacht. Beitrag z. Entwickelungsgeschichte d. Wurzel.

treibt an solchen Stellen bisweilen Nebenknospen. Auch die Saumaugen (S. 120) bilden sich gern in den Wundflächen der Bäume.

Aus einer Wurzel kann niemals ein Stamm und umgekehrt aus einem Stamm niemals eine Wurzel werden. Die Erzählungen von umgekehrten Bäumen, deren Krone zur Wurzel und deren Wurzel zur Krone geworden, sind, wenn sie überhaupt bewiesen wären, dadurch zu erklären, dafs an den Zweigen Wurzelknospen und an den Wurzeln Stammknospen entstanden sind, welche sich später gesetzmäfsig ausbilden und den umgekehrten Baum ernähren konnten. Eine umgekehrte Hyacinthenzwiebel entsendet ihren Blüthenschaft ins Wasser.

Die Orchisknolle entsteht aus einer Wurzelknospe, die, kaum angelegt, über sich eine Stammknospe bildet, Stamm- und Wurzelknospe vereinigen sich hier zur Bildung einer knollenartigen Anschwellung. Die Orchisknolle zeigt nach oben den Vegetationskegel der Stammknospe, von Blattlagen umgeben und nach unten den Vegetationskegel der Wurzelknospe, von einer meistens schwachen Wurzelhaube bedeckt, beide Fortbildungspunkte aber stehen durch Gefäfsbündel mit einander in directer Verbindung (Fig. 69. S. 86).

Die Weise, wie sich die Hauptwurzel verzweigt, möchte vielleicht innerhalb gewisser Grenzen für jede Baumart mehr oder weniger constant sein; allein wir wissen über dieselbe noch wenig oder gar nichts. Die kleinen Seitenwurzeln der Tanne sind zweizeilig gestellt*).

Der Wurzelstock (rhizoma) ein unter der Erde liegender kriechender Stamm mit schuppenförmigen Blättern ist häufig als Wurzel angesprochen worden, unterscheidet sich aber von der ächten Wurzel sehr leicht durch seine Blätter, oder, wenn diese verschwunden sind, durch ihre Blattnarben. Die sogenannte Radix calami, Zingiberis u. s. w. der Pharmacopoëen sind keine Wurzeln, sondern in der Erde kriechende Stämme. Auch die Ausläufer der Kartoffelpflanze, deren Anschwellungen die Kartoffelknollen bilden, sind unterirdische Zweige, desgleichen entsteht aus der in der Achsel eines Blattes entstandenen Brutknospe der Dentaria bulbifera (Fig. 126) ein Wurzelstock, der aus Achselknospen Blüthenschäfte treibt.

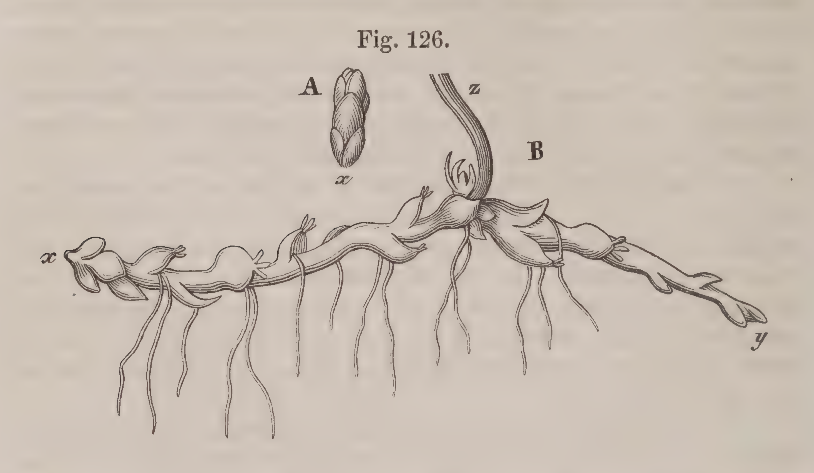
Der Vegetationskegel der Wurzel kann sich, weil er keine Blätter bildet, auch nicht durch Deckschuppen schliefsen, aber dennoch wird die Wurzelspitze, gleich der Stammspitze, zu einer bestimmten Zeit unthätig; sie schliefst sich durch ihre Wurzelhaube und ihre Rinde selbst. Die Wurzelspitze wächst deshalb zur Winterzeit nicht weiter, sie nimmt auch keine flüssige Nahrung auf, sondern schlummert mit der Gesammtpflanze bis zum Frühjahr, wo sie am zeitigsten erwacht. Die Wurzel wird aber viel

---

*) Sachs hat neuerlich über die regelmäfsige Stellung der Wurzeln krautartiger Pflanzen geschrieben. Wie wir schon bei der keimenden Wallnufs (S. 166). und bei der Runkelrübe (S. 172) gesehen, ist die Vertheilung, der Verlauf und der Werth der Gefäfsbündel in der Hauptwurzel hierfür das Bedingende.

später unthätig als die Stammknospe; erst wenn im Herbst die Vegetation erlischt, schliefst sich ihre Spitze durch das Absterben der Aufsenrinde. Die Wurzel der von mir untersuchten Nadelhölzer zeigt nun, wie schon bemerkt, ein entschiedenes Vorherrschen der schwach verdickten Holzzellen,

Fig. 126.



die Grenze des Jahresringes besteht dagegen aus ungleich weniger Reihen stark verdickter Zellen als im Stamm und möchte diese Beschaffenheit des Wurzelholzes vielleicht mit dem längeren Wachsthum der Wurzelspitze im Zusammenhang stehen.

In sehr seltenen Fällen kann eine Neben- oder Seitenwurzel sich als Dorn (Spina) ausbilden. So sah ich bei Thrinax (einer Palme) im Deckerschen Garten zu Berlin Nebenwurzeln aus dem Stamme treten und zu 1—2 Zoll langen Dornen werden, welche bisweilen durch Bildung einer Seitenwurzel, gleich dem Dorn einiger Leguminosen verzweigt waren. Der Vegetationskegel der Wurzel verholzt in diesem Falle und die Wurzelhaube vertrocknet.

Die Wurzelbildung eines Baumes steht in der Regel mit seiner Zweigentwicklung im Verhältnifs; ein stark beästeter Stamm ist auch verhältnifsmäfsig stark bewurzelt. Wenn die eine Seite eines Baumes mehr Aeste als die andere Seite trägt, so ist dieselbe Seite in der Regel auch stärker bewurzelt und der Holzring dieser Seite dann jederzeit viel breiter als an der schwächer beästeten und bewurzelten Seite. Mit der Holzbildung steht aber auch die Rindenbildung im Verhältnifs; wenn der Holzring breiter wird, gewinnt deshalb gleichzeitig auch die Rinde an Dicke.

Fig. 126. Dentaria bulbifera. *A* Eine Brutknospe, in der Achsel eines Blattes entstanden. *B* Der Wurzelstock aus einer solchen Brutknospe hervorgegangen; *x* die Basis derselben (vergleiche *A. x*); *y* die Endknospe; *z* der überirdische Trieb, aus einer Achselknospe des Wurzelstockes entstanden.

Bodennahrung und Luftnahrung müssen zum Gedeihen jeglicher Pflanze mit einander im Verhältnifs stehen; bei einer unverhältnifsmäfsig schwachen Wurzelentwickelung kann keine starke Krone gedeihen. Man beschneidet deshalb die Krone, wenn man dem Baum beim Versetzen viel Wurzeln genommen, um das gestörte Verhältnifs zwischen Zweigen und Wurzeln wieder herzustellen. Zweigbildung und Wurzelbildung stehen, wo die Natur frei schaltet, mit einander im richtigen Verhältnifs.

Eine tiefgehende Pfahlwurzel giebt dem Baum einen festen Stand; die alte Tanne trotzt dem wüthendsten Orkan; flach laufende Seitenwurzeln können dagegen ohne tiefgehende Pfahlwurzel dem hohen Stamm nur geringe Sicherheit gewähren. Die Fichte und Pappel stürzen deshalb, wie schon im Eingang dieses Abschnittes erwähnt ist, sehr leicht; desgleichen sollen die Birkenwaldungen Rufslands sehr vom Windbruch leiden. Die hochstämmigen Palmen (Phoenix, Lodoicea, Attalea u. s. w.) dringen schon bei der Keimung tief in die Erde (S. 59), während die niedrigen Palmen (Chamaedorea) an der Oberfläche keimen (S. 58). — Allein wie tief die Wurzeln in den Boden zu dringen vermögen, ist kaum für eine einzige Pflanze bekannt, und überhaupt schwer zu bestimmen, da nach der Oertlichkeit und Bodenbeschaffenheit grofse Verschiedenheiten eintreten mögen. Sicherlich aber gehen die Wurzeln viel tiefer, als man anzunehmen gewohnt ist, da man in der Regel die zarten oft fadenförmigen Saugwurzeln gar nicht beachtet und gerade diese häufig eine bedeutende Länge erreichen und selbst bei krautartigen Gewächsen, z. B. bei dem Getreide, mehrere Fufs lang werden. Auch die Pfahlwurzel der Runkelrübe endigt als solcher Wurzelfaden, der seitlich lange, noch zartere Fadenwurzeln ausschickt, und erreicht durch ihn, wie schon erwähnt, eine Tiefe von 10 Fufs und darüber. Unsere Waldbäume aber werden zum Theil ihre Bodennahrung noch aus viel gröfserer Tiefe holen. — Die Natur organisirt die Pflanzen und Thiere so, wie es zu deren Bestehen nothwendig ist.

VII.

Das Holz und die Rinde der Bäume.

Das Holz der verschiedenen Bäume, uns zu zahllosen Zwecken unentbehrlich, unterscheidet sich durch mancherlei Eigenthümlichkeiten. Wir können deshalb das Holz des einen Baumes nicht immer mit gleichem Vortheil für denselben Zweck, wie das eines anderen benutzen. Die Rinde der Bäume bekundet gleichfalls schon äufserlich grofse Verschiedenheit; der eine Baum behält einen glatten Stamm, der andere zeigt eine rissige, abblätternde Borke; auch ist die Verwerthung der Rinde für technische Zwecke verschieden.

Die Ursachen der wesentlichen Verschiedenheiten des Holzes und der Rinde aber liegen im inneren Bau und in der chemischen Zusammensetzung; sehen wir deshalb zunächst, wie das Holz und die Rinde entstehen und wie beide im Allgemeinen gebaut sind.

Das Holz dicotyledoner Bäume bildet sich aus dem Holzkörper der Gefäfsbündel, welche durch ihr eigenes Cambium fortwachsen. Die ersten Gefäfsbündel aber entstehen bei der Keimpflanze oder im jungen Triebe im Cambium- oder Verdickungsringe und zwar so, dafs ihr eigenes Cambium für die Dauer in demselben verbleibt. In der Regel entstehen erst während der Keimung, desgleichen bei der Ausbildung des Triebes zum Zweige, zuerst an der inneren Seite des Cambiumringes einige Spiral- und Ringgefäfse, während bald darauf ihnen gegenüber an der anderen Seite einige Bastzellen auftreten. Das nunmehr angelegte Gefäfsbündel wächst alsdann nach beiden Seiten weiter, indem es nach der inneren Seite, sobald die Verlängerung des Stammtheiles aufgehört h. , nicht mehr Spiral- und Ringgefäfse, sondern von nun an getüpfelte Gefäfse, Holzzellen und Holzparenchym bildet (S. 25), dagegen bei den Nadelhölzern, denen die Gefäfse fehlen, nur Holzzellen und Holzparenchym erzeugt, nach der äufseren Seite aber Bastzellen, Siebröhren und Bastparenchym (S. 24) bildet, während das Cambium, aus welchem beide Theile des Gefäfsbündels hervorgehen, sich zwischen ihnen, als eine aus wenigen Zellenreihen bestehende Schicht erhält (Fig. 15. S. 19). Der innere oder Holztheil

und der äufsere oder Basttheil des Gefäfsbündels liegen sich deshalb gegenüber und wachsen mit der Dickenzunahme des Stammes oder Zweiges durch ihr eigenes Cambium, indem sie auf dem Querschnitt zwei gleichschenkliche Dreiecke darstellen, die mit ihrer Grundfläche im Cambium zusammenstofsen (Fig. 74. S. 95 und Fig. 24. S. 27). Da nun die Gefäfsbündel im Stamm unserer Bäume schon ursprünglich einen Kreis um das centrale Mark beschreiben und von einander seitlich durch Parenchym getrennt sind, so wachsen dieselben durch Hülfe des Verdickungsringes und des eigenen Cambiums der Gefäfsbündel, welches einen Theil desselben bildet (S. 95), auch ringförmig weiter und es entsteht diejenige Bildung, welche wir innerhalb des Verdickungsringes, aus dem Holztheil der Gefäfsbündel bestehend, den Holzring nennen, während wir den äufseren, gleichfalls durch die Fortbildung der Gefäfsbündel entstandenen Theil der Rinde, als secundäre Rinde, zum Gegensatz zu der primären, äufseren, ohne Zuthun der Gefäfsbündel und des Verdickungsringes entstandenen Rinde bezeichnen. Das Parenchym aber, welches die einzelnen ursprünglichen Gefäfsbündel seitlich von einander trennt, bildet die primären Markstrahlen, welche auf dem Querschnitt radienartig vom Mark bis zur primären Rinde gehen, während dasjenige Parenchym, welches die Lücken ausfüllt, welche im Innern des primären Gefäfsbündels selbst durch seitliche Zerklüftung entstehen, die secundären Markstrahlen darstellt*). Die Markstrahlzellen beiderlei Ursprunges verdicken sich und verholzen innerhalb des Holzringes bei den meisten Holzpflanzen und bilden selbst mit einen Theil des Holzringes, sie bleiben dagegen in der Rinde meistens dünnwandig und unverholzt (Fig. 127).

Fig. 127.

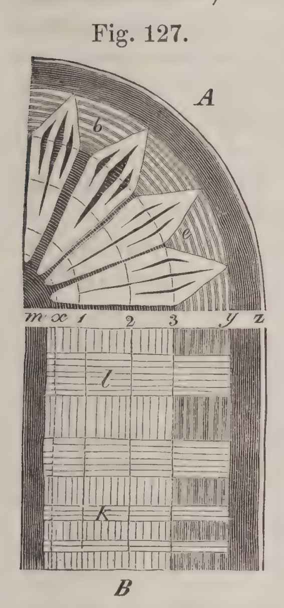


Fig. 127. Schematische Darstellung des Querschnittes und des radialen Längsschnittes durch den Zweig eines dicotyledonen Baumes, so dargestellt, wie selbige bei einer Lupenvergröfserung erscheinen würden. Auf dem Querschnitt (*A*) sieht man links breite primäre und secundäre Markstrahlen (*b*), während rechts enge Markstrahlen (*e*) dargestellt sind; auf dem Längsschnitt (*B*) dagegen findet man im oberen Theile lange Markstrahlen (*l*), im unteren dagegen kurze (*k*), aus wenigen über einander stehenden Zellen gebildete Markstrahlen; *m* bezeichnet für beide Schnitte das Mark; *x* die Anfänge der Gefäfsbündel, welche zur Bildung des Holzringes zusammengetreten sind und als Markscheide bezeichnet werden; 1, 2 u. 3 sind auf einander folgende Jahresringe des Holzes, bei 3 liegt der Cambium- oder Saftring und von 3 bis *y* erscheint die secundäre Rinde, während von *y* bis *z* die primäre Rinde dargestellt ist, welche mit einer Peridermaschicht (*z*) abschliefst. Man vergleiche hiermit den Querschnitt des Lindenzweiges (Fig. 74. S. 95).

*) Die Zerklüftung der primären Gefäfsbündel durch Bildung secundärer Markstrahlen entsteht dadurch, dafs eine oder mehrere senkrechte Cambium-

Die Markstrahlen beiderlei Art verlaufen nicht, wie man nach dem Querschnitt glauben könnte, parallel durch den ganzen Stamm, sie bilden vielmehr, wie ein Längsschnitt in bestimmter (tangentialer) Richtung zeigt, längere oder kürzere, breitere oder schmälere Zellenreihen, welche zwischen den langgestreckten, senkrecht verlaufenden Zellen des Gefäſsbündelkreises liegen (Fig. 128). Die Zellen der Markstrahlen sind in der Regel in horizontaler Richtung langgestreckt, während die Zellen des Gefäſsbündels in senkrechter Richtung verlängert erscheinen.

Fig. 127.

Die meisten Bäume sind mit Markstrahlen einerlei Art versehen, andere dagegen besitzen breitere und schmälere Markstrahlen neben einander. Sind die Markstrahlen überhaupt breit und kurz, so ist der Verlauf der Holz- und Gefäſszellen um dieselben mehr gebogen, sind sie dagegen lang und schmal, so verlaufen letztere fast senkrecht (Fig. 129) nebeneinander.

Mit Ausnahme der Nadelhölzer und der Cycadeen enthält das Holz aller Bäume Gefäſse; Spiralgefäſse finden sich in der Regel nur in der Markscheide, also im innersten, zuerst entstandenen Theil des Gefäſsbündels, welcher unter dem Vegetationskegel ins Blatt hinübertritt; bei den Nadelhölzern und Cycadeen erscheinen statt ihrer langgestreckte, spiralförmig verdickte Zellen. Die später entstandenen, im geschlossenen Holzring liegenden Gefäſse bestehen immer aus viel

Fig. 128.

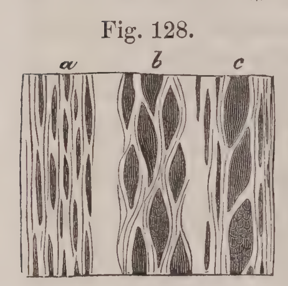


Fig. 127. Tangential-Längsschnitt durch das Holz von Pinus Picea. *h* Holzzelle; *m* Markstrahl; *i* Tüpfel (Vergröſserung 200mal).

Fig. 128. Schematische Darstellung tangentialer Längsschnitte durch verschiedene Hölzer, um den Verlauf der Holzzellen und der Gefäſse zu den Markstrahlen darzustellen. *a* Mit sehr schmalen Markstrahlen, wie bei den Nadelhölzern; *b* mit sehr breiten Markstrahlen, wie bei den Laurus-Arten und bei Swietenia Mahagoni; *c* mit zweierlei, d. h. mit breiten und schmalen Markstrahlen, wie bei der Buche und Eiche (Lupenvergröſserung).

---

zellen sich wagerecht theilen und so die ersten Mutterzellen eines neuen Markstrahls bilden. Die Bildung neuer Markstrahlen geht deshalb nur im Cambium vor sich, und zeigt ein tangentialer Längsschnitt durch die Cambiumschicht dieselbe Anordnung der Holz- und Gefäſszellen bildenden langgestreckten und senkrechten Cambiumzellen zu den die Markstrahlen fortbildenden kürzeren Zellen, welche im fertigen Holz und in der Rinde vorhanden ist.

kürzeren Zellen und sind fast überall getüpfelt, seltener als Treppengefäſse (S. 25) entwickelt.

Das Holz fast aller Laubbäume enthält auſser den eigentlichen Holzzellen und den Gefäſsen (S. 24) noch eine besondere Zellenart, das **Holzparenchym**, welches aus kürzeren Zellen besteht, die als Tochterzellen innerhalb einer ganz jungen Holzzelle gebildet wurden (S. 25). Dies Holzparenchym enthält, wie die Markstrahlen, häufig Kohlenhydrate, z. B. Stärkmehl und bleibt auch wie diese viele Jahre lang mit Saft erfüllt; es hat statt der Tüpfel Poren. Die eigentlichen Holzzellen und die Gefäſse enthalten dagegen, vollständig ausgebildet, keine Säfte, die aus den letzteren am frühesten und zwar mit der Resorption ihrer Querwände, bei den getüpfelten Holzzellen aber mit der Resorption der die Tüpfelcanäle trennenden Scheidewand verschwinden (S. 18). Die Holzzellen sind langgestreckt und an beiden Enden zugespitzt (Fig. 129), dazu in der Regel getüpfelt; wenn sie aber statt der Tüpfel Porencanäle besitzen, deren Scheidewand nicht resorbirt wird, so bleiben sie länger safterfüllt und können in diesem Falle auch Stärkmehl bilden (bei Datura arborea und Boehmeria rubra, wo das Holzparenchym mangelt).

Im Holz einiger Nadelbäume finden sich senkrechte und wagerechte Harzgänge, d. h. Räume, von zartwandigen, nicht verholzten Zellen umgrenzt, welche ein anfangs flüs-

Fig. 129.

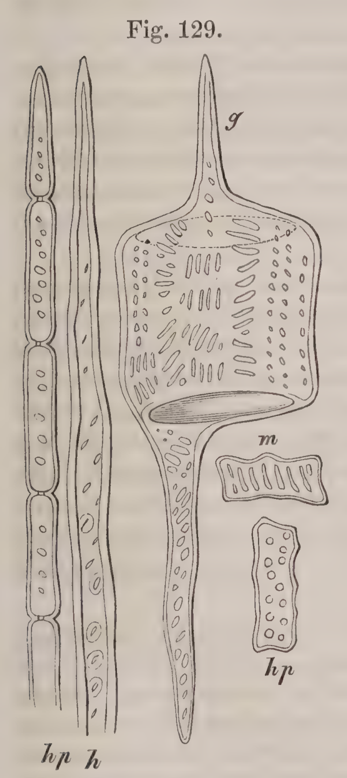


Fig. 130.

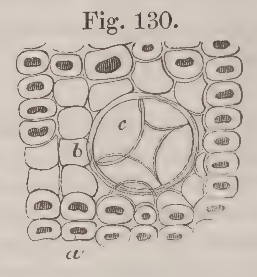


Fig. 129. Aus dem Holz der Moquilea (el Cauto) durch Maceration isolirte Zellen. *g* Gefäſszelle; *h* Holzzelle; *hp* Holzparenchym; *m* Markstrahlzelle. Die Verdickungsweise der Gefäſszelle ist hier nach der Verdickungsart der angrenzenden Zellen verschieden (Vergröſserung 200 mal).

Fig. 130. Ein Harzgang aus dem Holz von Pinus silvestris im Querschnitt. *a* Holzzellen; *b* zartwandige Zellen; *c* die eigentlich secernirenden Zellen, welche die Lücke umgrenzen (200 mal vergröſsert).

siges Harz in den erwähnten Raum ausscheiden (Fig. 130), während bei anderen Holzparenchymzellen auftreten, in denen sich Harze sammeln.

Der geschlossene Holzring wächst durch das Cambium seiner Gefäfsbündel, welches im Verdickungsringe liegt, entweder ohne Unterbrechung oder periodisch weiter und nach der Weise, in welcher der Baum alsdann seine Säfte verbraucht, ändert sich die Ausbildung seines Holzes. Das im Frühling entstandene Holz unserer Bäume hat weitere, schwächer verdickte Zellen, als das im Herbst gebildete Holz; im Winter aber wächst der Holzring gar nicht weiter. Auf die engen stark verdickten Holzzellen des Herbstes folgen deshalb die weiten, schwach verdickten Holzzellen des nächsten Frühlings und so entstehen die Jahresringe (Fig. 75. S. 96), welche, wenn der Baum ohne Unterbrechung fortwächst, fehlen (S. 97)*). Bei den Nadelhölzern sind die Jahresringe am markirtesten.

Die Rinde der Bäume, ja aller dicotyledonen Pflanzen überhaupt, besteht, wie wir oben gesehen, aus zweierlei, ihrer Entstehungsweise nach wesentlich verschiedenen Theilen; aus der ursprünglichen (primären) Rinde, welche schon im Keim, desgleichen in der Anlage des neuen Triebes vorhanden ist und aus einer nachgebildeten (secundären) Rinde, welche durch den Verdickungsring, mit dem das Cambium der Gefäfsbündel zusammenfällt, entsteht (Fig. 127. S. 179).

Die ursprüngliche Rinde ist anfangs von einer Epidermis umgrenzt, sie besteht im übrigen aus Nahrungsgewebe (Parenchym), das in der Regel Blattgrün enthält; die Markstrahlen durchsetzen diesen Theil der Rinde nicht, sie erreichen nur ihre innere Grenze. In der ursprünglichen Rinde der Nadelhölzer entstehen die senkrechten Harzgänge, welche bei der Tanne, Fichte und Lerche wie im Blatte gebaut sind und auch bei der Kiefer eine aus zwei Zellenreihen gebildete, secernirende Oberhaut besitzen (Fig. 18. S. 22). Aufserdem bildet die Lerche und die Araucaria brasiliensis auch in der secundären Rinde noch isolirte kugelige oder längliche Harzlücken, desgleichen führen alle Nadelbäume, welche im Holz

---

*) Für die Gegenwart der Jahresringe ist eine oberflächliche Betrachtung des glatt gehobelten Querschnittes nicht ausreichend, indem eine bandartige Anordnung des Holzparenchyms concentrische Kreise hervorrufen kann, welche Jahresringen ähnlich sehen, ja sogar durch eine leichte Färbung der unter sich gleich gebauten Holzzellen concentrische Kreise hervortreten (bei Araucaria brasiliensis), welche freilich wie die Zeichnung durch das Holzparenchym sehr selten zusammenhängende vollständige Kreise bilden, was dagegen bei wirklichen Jahresringen immer der Fall ist. Nur das Mikroskop kann in zweifelhaften Fällen über das Dasein oder Fehlen der Jahresringe entscheiden, welche dann allemal einen zusammenhängenden Kreis mit scharfer Begrenzung darstellen und in allen Fällen durch einige Reihen tafelförmiger Holzzellen (Herbstholz) markirt sind (Quercus, Fagus, Castanea, Juglans, Bertolletia, Oreodaphne), auf welche ein weitzelliges Frühlingsholz oder eine bandförmige Schicht von Holzparenchym folgt (Prunus lusitanica).

mit wagerechten, in den gröfseren Markstrahlen verlaufenden, Harzgängen versehen sind, auch solche in der secundären Rinde, worauf v. Mohl zuerst aufmerksam gemacht hat *). Senkrechte Harzgänge finden sich auch in der primären Rinde der Cupressineen und Taxineen, welche im Holz keine Harzgänge besitzen.

Die nachgebildete Rinde ist, gleich dem Holzring, von Markstrahlen durchsetzt, in ihr liegen die Bastzellen und Siebröhren, welche mit dem Bastparenchym den Basttheil der Gefäfsbündel bilden. Während sich der Holzring durch Bildung neuer Holzlagen vergröfsert, erhält dieser Theil der Rinde, ebenfalls durch das Cambium der Gefäfsbündel, neuen Zuwachs, indem sowohl der Basttheil der Gefäfsbündel, als auch die Markstrahlen zwischen ihnen durch den Verdickungsring fortwachsen, so dafs die secundäre Rinde, welche den Holzring unmittelbar umhüllt, mit letzterem entsprechend im Umfang zunimmt, während die primäre Rinde, welche wieder die secundäre Rinde umschliefst, durch Vermehrung ihrer eigenen Zellen und Ausdehnung derselben ebenfalls der Stammverdickung zu folgen vermag. Die nachgebildete Rinde entsteht also durch den äufseren Theil der Gefäfsbündel, der Holzring dagegen wird durch den inneren Theil derselben gebildet.

Unter der Oberhaut der ursprünglichen Rinde entsteht, meistens schon im ersten Lebensjahre des Zweiges, eine Korkschicht, welche den Tod der Oberhaut, die häufig mit Spaltöffnungen versehen ist, zur Folge hat. Aber nicht allein in der primären Rinde, sondern auch im Nahrungsgewebe der secundären Rinde kann sich Kork entwickeln und durch sein Auftreten, indem er den Saftaustausch zwischen den aufserhalb der Korkschicht liegenden Theilen aufhebt, das Absterben derselben herbeiführen, wodurch die Borke (Rhytidoma) entsteht, die sowohl aus der primären, als auch aus der secundären Rinde gebildet werden kann und danach in ihrer Structur verschieden ist. Die Borke ist also ein durch Korkbildung abgestorbener Rindentheil.

Die parenchymatischen Zellen der Rinde, wohin das Gewebe der primären Rinde, desgleichen die Markstrahlzellen und das Bastparenchym der secundären Rinde zu zählen sind, verholzen bei manchen Bäumen an bestimmten Stellen und in bestimmter Weise (bei der Buche und Platane), während sie bei anderen unverholzt bleiben. Die Bastzellen aber werden häufig, obschon angelegt, nicht vollständig ausgebildet; ihre Verholzung tritt bei einigen Pflanzen früher und bei anderen später ein.

Das Cambium oder dasjenige Gewebe, welches den zwischen dem Holzring und der secundären Rinde liegenden Verdickungsring bildet, besteht aus sehr zartwandigen Zellen von zweierlei Art, nämlich 1. aus langgestreckten, senkrecht stehenden Zellen, welche durch Längstheilung

*) v. Mohl, über die Gewinnung des venetianischen Terpenthins. Botanische Zeitung 1859.

sowohl Gefäfszellen, als auch Holzzellen und nach der anderen Seite Siebröhren und Bastzellen bilden, und so einen Zuwachs des Gefäfsbündels nach beiden Seiten herbeiführen und 2. aus kürzeren, wagerecht verlaufenden Zellen, durch welche die schon vorhandenen Markstrahlen im Verdickungsringe fortwachsen[1]).

Die Holzzelle entsteht durch tangentiale Längstheilung einer senkrechten Cambiumzelle, in der sich zwei Tochterzellen bilden (Fig. 15. S. 19), deren eine zur Holzzelle wird, während die andere als Cambiumzelle fortdauert und dem Beispiel ihrer Mutterzelle folgt. Die junge Holzzelle verlängert sich darauf an beiden Enden, welche sich in Folge dessen zuspitzen, sie wächst aufserdem in der Breite nur nach der Richtung des Markstrahls und wird dadurch als Zelle des Frühlingsholzes auf dem Querschnitt quadratisch (Fig. 75 *a*. S. 96), während sie im Herbst sich weniger ausdehnt und deshalb mehr ihre ursprüngliche tafelförmige Gestalt behält, sich dafür aber ungleich stärker verdickt (Fig. 75 *b*. S. 96). Die Holzzelle ist in der Regel mit Tüpfeln, d. h. mit Poren versehen, deren Porencanal am Grunde erweitert ist und deshalb, wenn man von oben auf die Poren blickt, das Bild eines gröfseren Kreises (des Tüpfelhofes), in dessen Mitte die Mündung des Porencanals als kleinerer Kreis liegt, darstellt (Fig. 15 u. 16. S. 19)[3]). — Die Zellen des Holzparenchyms bilden sich durch Quertheilung in einer kürzlich angelegten und meistens schon an beiden Seiten zugespitzten Holzzelle (Fig. 129 *hp*. S. 181). Wenn man den Intercellularstoff des Holzes auflöst, so erhält man sie vielfach noch unter einander zu-

---

[1]) Nägeli hat in seiner Abhandlung „über das Wachsthum des Stammes und der Wurzel bei den Gefäfspflanzen" (1858) vielfach längst bekannten Dingen neue Namen gegeben, z. B. den Holztheil der Gefäfsbündel Xylem, den Basttheil Phloëm u. s. w. genannt und damit seine Darstellung fast ungeniefsbar gemacht. Da er aufserdem, nach seiner bekannten Gewohnheit, auf die Ansichten und die Beweisführung seiner Gegner niemals Rücksicht nimmt, so ist ein gründlicheres Eingehen auf seine Behauptungen unmöglich.

[2]) Ich unterscheide verschlossene und offene Tüpfel, und kommen die letzteren nur in denjenigen Zellen vor, die ihren Zellsaft bereits verloren haben, z. B. in den mit Luft erfüllten Holzzellen und Gefäfszellen, desgleichen in den nicht mehr saftführenden oberen und unteren Zellenreihen der Markstrahlen von Pinus. Die Wand der Holz- und Gefäfszellen, welche noch saftführende Zellen berührt, ist dagegen mit verschlossenen Tüpfeln versehen, welche Unterscheidung für die physiologischen Processe wichtig wird, indem die offenen Tüpfel nicht mehr der Endosmose dienen, wohl aber einen directen Durchgang von Flüssigkeiten und in denselben suspendirten festen Körpern zulassen, was ich durch Injection mit Carmin und anderen festen Farbstoffen bewiesen habe (Bot. Zeitg. 1859. S. 238).

[3]) Als Längstheilung bezeichne ich hier die mit der Längsachse des Stammes oder Zweiges parallele, als Quertheilung die ihr entgegengesetzte Theilungsrichtung.

sammenhängend und von der Membran ihrer Mutterzelle umgeben; die Querwände sind wagerecht und die Seitenwände haben niemals offene Tüpfel, vielmehr meistens Poren. — Die Gefäſszelle dagegen entsteht wie die Holzzelle als Tochterzelle einer senkrechten Cambiumzelle, sie verlängert sich aber nur dann, wenn der Pflanzentheil, in dem sie entsteht, sich selbst noch streckt (bei den Spiral- und Ringgefäſsen der Markscheide) dehnt sich dagegen in den späteren Bildungen dafür mehr und allseitig in der Breite aus, und wird deshalb viel weiter als die anderen Zellen des Holztheiles; doch findet man auch bei einigen Pflanzen (Moquilena, Tectona) Uebergänge von der Holzzelle zur Gefäſszelle, indem nur die Mitte der Zelle bauchig angeschwollen ist und sich wie eine Gefäſszelle verhält, während die beiden Enden sich, einer Holzzelle ähnlich, verlängert haben (Fig. 129 *g*. S. 181). Die Gefäſszellen sind in mannigfacher Weise verdickt (S. 24), ihre Querwand verschwindet mit dem Safte*). — Auch die Bastzellen entstehen durch Längstheilung einer senkrechten Cambiumzelle, doch ist ihre Entwickelungsgeschichte viel schwieriger zu verfolgen; sie verlängern sich und werden an beiden Enden zugespitzt, auch ist es wahrscheinlich, daſs die sehr langen Bastzellen einiger Pflanzen, welche nicht selten 5—10mal so lang als die Cambiumzellen sind, aus einer Verschmelzung mehrerer über einander stehender Zellen im jugendlichen Zustande hervorgehen. Die Bastzellen wachsen nur wenig in die Breite, sie verdicken sich dagegen oftmals fast bis zum Verschwinden ihrer inneren Höhlung und sind bisweilen verzweigt, sie besitzen niemals Tüpfel, sind aber mit Porencanälen reichlich versehen. In ähnlicher Weise entstehen auch die Siebröhren aus langgestreckten, senkrechten Cambiumzellen, unterscheiden sich aber von den Bastzellen durch die eigenthümliche Art ihrer Verdickung (siehe weiter oben). Das Bastparenchym endlich entspricht in seiner Entwickelung dem Holparenchym, indem sich durch Quertheilung mehrere Tochterzellen in einer senkrechten Cambiumzelle entwickeln. — Wir haben also im Holztheil der Gefäſsbündel drei Zellenarten, die Gefäſszelle, die Holzzelle und das Holzparenchym unterschieden und finden in der Rinde ebenfalls drei verschiedene Zellenarten: nämlich die Siebröhren, die Bastzellen und das Bastparenchym. — Aber auch die Markstrahlzellen bilden sich durch das Cambium, jedoch für die im Holzring und in der secundären Rinde schon vorhandenen Markstrahlen nicht in den senkrechten, langgestreckten Zellen des Cambiumringes, sondern durch Zellenbildung innerhalb der kurzen Cambiumzellen, welche ich als Markstrahlcambium im Gegensatz zum Gefäſsbündelcambium bezeichnen möchte. Neue Markstrahlen entstehen dagegen aus den senkrechten Cambiumzellen, indem diese sich durch Quertheilung in Markstrahlcambium umändern (S. 179 Anm.). So erhält sich nun der

*) Wenn sie getüpfelt sind, so verschwindet die Scheidewand der Tüpfel mit dem Safte, jedoch nur nach der Seite, die eine andere saftleere Zelle berührt.

Cambiumring, aus Gefäſsbündel- und Markstrahlcambium bestehend, als Fortbildungsschicht zwischen dem Holzring und der secundären Rinde, weil immer bei der Zellenvermehrung durch Theilung, sowohl nach der Seite des Holzes als auch nach der Rinde, die eine neu entstandene Tochterzelle wieder zur Cambiumzelle wird, die ihrerseits dem Beispiele ihrer Mutterzelle folgt. Während der Vegetationszeit giebt es deshalb keine scharfe Grenze zwischen dem Cambium und dem jungen Holz einerseits, sowie der jungen Rinde andererseits; im Winter dagegen liegt das erstere als eine aus wenigen zartwandigen Zellenreihen bestehende, zur Zeit unthätige Schicht zwischen den letzten Zellenreihen des Herbstholzes und den letzten Zellenreihen der secundären Rinde. Der Holzring wächst auf diese Weise durch das Cambium an seiner äuſseren Seite, die secundäre Rinde aber wächst durch dasselbe Cambium an ihrer inneren Seite und die Cambiumschicht erhält sich durch sich selbst zwischen dem Holzring und der secundären Rinde. Im Allgemeinen steht nun die Rindenbildung hinter der Holzbildung zurück, d. h. sie vermehrt sich nicht im gleichen Grade wie das Holz, wofür die Rothbuche und die Weiſsbuche Zeugniſs geben.

Nachdem wir gesehen, wie sich das Holz und die Rinde bilden und wie sie im Allgemeinen gebaut sind, verweilen wir zuerst bei den bekannteren einheimischen Holzarten. Während die Rinde nach dem Alter eines Zweiges wesentliche Verschiedenheiten zeigt, ändert sich die Beschaffenheit des Holzes unserer Bäume, sobald der Stammtheil aufhört sich in die Länge zu strecken, nicht mehr; nur die Markscheide, als der zuerst entstandene Theil des Holzringes, ist jederzeit anders gebaut als das eigentliche Holz, das erst entsteht, wenn der Zweig oder Stamm nicht mehr in die Länge wachsen (S. 108 und 185). Bei einigen tropischen Bäumen dagegen und namentlich bei den sogenannten Lianen, den Schlingpflanzen des Tropenwaldes, ist oftmals der innere Theil des Holzringes anders als der äuſsere Theil des Holzkörpers zusammengesetzt (S. 102).

Das Holz der im Frühling aus dem Keim entstandenen Pflanze, oder des im Frühling aus der Knospe entstandenen Zweiges zeigt im Herbst schon alle ihm zukommenden Eigenthümlichkeiten; schon in dem jährigen Baum unterscheidet man Frühlings- und Herbstholz, doch sind die Gefäſse des ersten Jahresringes in der Regel enger. Bei den Nadelhölzern, welche überhaupt Harzgänge im Holzring führen, sind selbige schon im ersten Jahresring vorhanden. Die folgenden Jahre ändern dann im Bau des Holzes wenig; der Frühling bildet nach wie vor weite, schwächer verdickte, der Herbst engere, stärker verdickte Holzzellen; der Holzring aber wächst alljährlich und die secundären Markstrahlen vermehren sich in bestimmter Weise; die Jahresringe aber bezeichnen die Zahl der erlebten Wachsthumsperioden.

Das Holz der Nadelbäume und der Cycadeen ist einfacher gebaut als das Holz der Laubbäume, ihm fehlen die eigentlichen Gefäſszellen,

dafür sind ihre Holzzellen weiter, als bei anderen Bäumen. In der Markscheide liegen statt der Spiralgefäfse spiralförmig verdickte, langgestreckte Zellen. Die Markstrahlen sind schmal, sie bestehen in der Regel nur aus einer Zellenreihe, die Holzzellen verlaufen deshalb fast senkrecht und das Holz spaltet sich aus diesem Grunde leicht und gerade. Das Holzparenchym fehlt oder ist nur bei einigen Gruppen (bei den Taxineen und Cupressineen, sowie bei Araucaria) in Gestalt vereinzelter, harzerfüllter Zellen, desgleichen in der Umgebung des senkrechten Harzganges (bei Pinus canariensis) vertreten. Harzgänge im Holz, sowohl in senkrechter als in wagerechter Richtung, sind nur bestimmten Nadelhölzern (der Kiefer, Fichte und Lerche) eigen. Schon mit blofsem Auge oder mit der Lupe erkennt man an der gleichartigen Beschaffenheit des Holzes das Fehlen der Gefäfse, welche auf dem Querschnitt anderer Hölzer als gröfsere oder kleinere Löcher erscheinen. Die Jahresringe sind in der Regel stark markirt und das Herbstholz erscheint dunkler gefärbt; nur bei Araucaria (A. brasiliensis) sind, des von Göppert *) gegen mich ausgesprochenen Protestes ungeachtet, keine Wachsthumsgrenzen und auch keine Harzgänge im Holz vorhanden. Das Holz der Nadelbäume ist je nach seiner eigenthümlichen Beschaffenheit und nach den Verhältnissen, unter welchen der Baum gewachsen ist, sehr verschieden. Das Stammholz des Eibenbaumes besitzt eine grofse Härte und ein entsprechendes Gewicht, das Wurzelholz der Lerche ist dagegen weich und leicht, das ältere Holz der Kiefer, Fichte und Lerche ist mit Harz durchtränkt, während das Holz der Tanne harzfrei ist. Nach der Beschaffenheit des Holzes richtet sich aber die Art seiner Verwerthung**).

Das Holz der Tanne (Abies pectinata) ist weifs und ziemlich fest, die Grenze der Jahresringe ist markirt, es ist fast geruchlos, ihm fehlen die Harzgänge; die ziemlich langen Markstrahlen bestehen in der Breite aus einer Zellenreihe. Die Holzzellen der Wurzel sind fast doppelt so weit als im Stamm, sie sind in der Regel mit zwei Tüpfelreihen versehen, während die Holzzellen des Stammes immer nur eine Reihe besitzen. Die Markstrahlreihen sind in gleichartiger Weise verdickt, d. h. es ist

*) Göppert, über die versteinerten Wälder im nördlichen Böhmen und Schlesien (Verhandlung der schlesischen Gesellschaft von 1858—1859. S. 5). Ich habe auf Madeira Stämme der A. brasiliensis von 1 Fufs Durchmesser und Zweige und Wurzeln von dem verschiedensten Alter untersucht und nirgends wirkliche Jahresringe gefunden. Eine concentrische Zeichnung aber ist noch kein Jahresring, wie die Runkelrübe nnd viele Holzarten mit bandförmig angeordnetem Holzparenchym beweisen (S. 170 u. 182 Anm.).

**) Um ein Holz oder eine Rinde mikroskopisch zu untersuchen, mufs man drei zarte Schnitte darstellen, nämlich 1. einen Querschnitt, der im rechten Winkel gegen die Längsachse des Stammes geführt wird; 2. einen Längsschnitt, der mit den Markstrahlen verläuft (ein Radialschnitt) und 3. einen Längsschnitt im rechten Winkel gegen die Markstrahlen (ein Tangenten- oder Secantenschnitt).

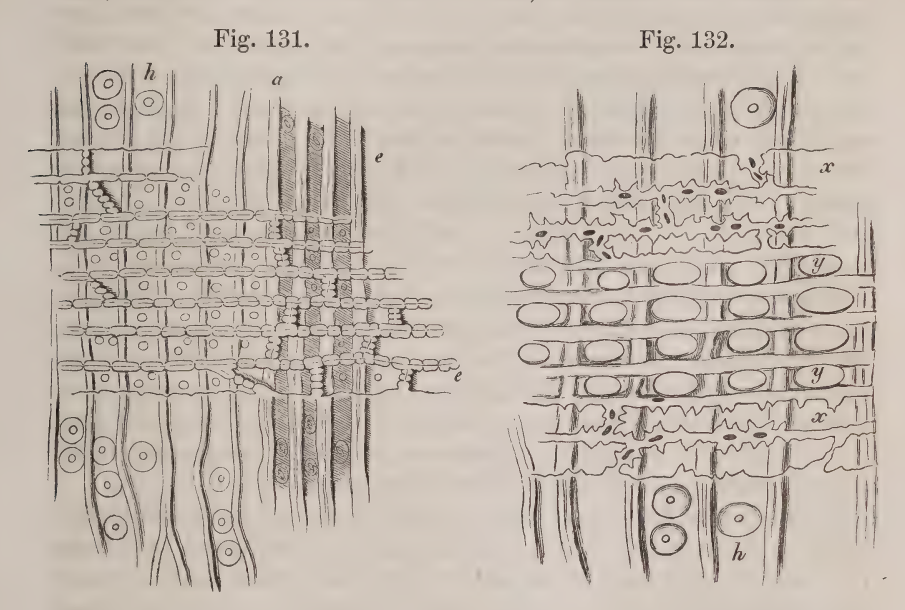
kein Unterschied zwischen den oberen und mittleren Reihen vorhanden, alle Zellen derselben zeigen kleine runde Poren, aber keine Tüpfel (Fig. 131). Das Holz der Tanne spaltet sehr leicht und in sehr dünne Blätter; die Schachteln werden fast einzig und allein aus ihm verfertigt; auch zu Resonanzböden und zu Orgelpfeifen ist es sehr geeignet. Die starken, sich nach dem Gipfel zu nur ganz allmälig verschmälernden Stämme der Tanne liefern vortreffliche Mastbäume, desgleichen Stützbalken und Mühlenwellen. Ihr Holz besitzt aber nicht die Tragkraft als das minder elastische Holz der Kiefer und Fichte; um die Biegung der Stämme aufzuheben, legt man deshalb beim Brückenbau zwei Tannenstämme, welche vorher an einer Seite sägenartig zugerichtet sind, so über einander, dafs jeder Zahn des einen Stammes in die Vertiefung zwischen zwei Zähne des anderen greift. Nach Bechstein*) soll das alte Tannenholz alle anderen Bauhölzer an Dauer übertreffen (?) und nach 300—500 Jahren noch „knochenfest“ erscheinen. Als Brennholz steht die Tanne der Fichte nach.

Das Holz der Fichte (Picea vulgaris Link) mit markirten Jahresringen ist nicht so weifs als das Holz der Tanne, es riecht harzig, gleicht aber an Härte und Festigkeit dem letzteren. Die Markstrahlen sind einreihig, ziemlich lang und wie bei der Tanne gleichartig gebaut, ohne Tüpfel. Die Holzzellen der Wurzel sind auch bei der Fichte ungleich weiter als im Stamm und deshalb häufig mit zwei Tüpfelreihen versehen. Die Zellen des Herbstholzes zeigen eine sehr deutliche Spiralstreifung, welche bei der Tanne mangelt. Letztere, sowie das Vorkommen von senkrechten und wagerechten Harzgängen, die der Tanne gänzlich fehlen, unterscheiden das Holz der Fichte mikroskopisch mit Sicherheit von dem Holz des letztgenannten Baumes. Das harzreiche Holz der älteren Fichte liefert gutes Bau- und Brennmaterial, ist aber weniger elastisch als das Holz der Tanne. Der Stamm wird nicht so dick, er liefert deshalb keine so starke Masten, dagegen eignet sich das Fichtenholz, seines Harzgehaltes halber, zu Wasserbauten ungleich besser. Auch ist dasselbe sehr dauerhaft, wofür mir die in der Mauer verbliebenen Ueberreste des Gebälkes einer der ältesten Burgruinen Thüringens, des Ehrenstein bei Remda, Zeugnifs gaben. Das Holz war völlig unversehrt, nur braun geworden. Aus dem Harz des Holzes wird das Fichtenharz gewonnen. (Siehe weiter oben.)

Die Kiefer (Pinus silvestris) liefert ein weifsliches, nach Harz riechendes Holz, dessen Härte bisweilen die beiden vorher genannten Holzarten übertrifft. Die Markstrahlen sind einreihig, aber viel kürzer als bei der Tanne und Fichte (etwa 8 Zellen lang). Die oberen und unteren Zellenreihen dieser Markstrahlen zeigen auf Längsschnitten, den letzteren parallel geführt, zierliche Verdickungsformen mit kleinen Tüpfeln, während die mittleren Zellenreihen grofse Poren, welche man leicht für Löcher halten könnte, besitzen (Fig. 132). Das Holz der Kiefer hat, gleich der Fichte,

*) Bechstein, Forst- und Jagdwissenschaft. Bd. I. S. 765.

sowohl senkrechte als wagerechte Harzgänge; die vorhin erwähnte Beschaffenheit der Markstrahlzellen charakterisirt dagegen das Kiefernholz in ganz entschiedener Weise. Das Knieholz (Pinus Pumilio), welches gleich der Kiefer zwei Nadeln aus einer Scheide entwickelt, ist ähnlich gebaut; auch die Weymouth-Kiefer (Pinus Strobus), mit fünf Nadeln aus einer Scheide, zeigt derartige, jedoch nicht so grofse Poren in den mittleren Markstrahlreihen, ein bis vier derselben finden sich in einer Markstrahlzelle, während beim Kiefernholz nur eine, höchstens zwei derselben auf



eine Zelle kommen. Das Holz der canarischen Kiefer (Pinus canariensis), gleich unseren Nadelhölzern mit sehr markirten Jahresringen, hat Harzgänge von ungeheuerer Weite (von $\frac{90}{400}$ Millim. im Durchmesser) und kleinere wagerechte in den Markstrahlen. Die Holzzellen des alten Holzes sind ganz mit festem Harz erfüllt. Die einreihigen Markstrahlen, von mittlerer Länge, haben in den mittleren Reihen ziemlich grofse Poren, in den äufseren Reihen aber fehlt die zackige Verdickung, welche unsere Kiefer auszeichnet, aber schon bei Pinus Strobus nicht mehr vorhanden ist. Die Holzzellen sind ungleich weiter und viel stärker verdickt, als bei allen mir

Fig. 131. Längsschnitt durch das Tannenholz dem Markstrahl parallel geführt. *a* Die Grenze eines Jahresringes, rechts von dieser Grenze Herbstholz, links Frühlingsholz (*h*); *e* die Zellen der Markstrahlen (200 mal vergröfsert).

Fig. 132. Längsschnitt durch das Kiefernholz, dem Markstrahl parallel geführt. *h* Getüpfelte Holzzelle des Frühlingsholzes; *y* die mittleren Markstrahlzellen mit grofsen Poren, scheinbaren Löchern; *x* die äufseren Markstrahlzellen, mit kleinen Tüpfeln und zierlicher Verdickung (200 mal vergröfsert).

bekannten Kiefer-Arten. Es scheint demnach, als ob alle ächten Pinus-Arten zweierlei Markstrahlen besitzen. Die äufseren Reihen derselben, mit Tüpfeln, verlieren wie die getüpfelten Holzzellen frühe ihren Saft und damit auch die Scheidewand des Tüpfels (S. 19), die mittleren dagegen mit weiten Poren führen nach der Jahreszeit entweder Stärkmehl oder andere körnige Stoffe mit Harztropfen untermischt, sie stehen mit den senkrechten Harzgängen in Verbindung und unterhalten für diese eine Saftverbindung durch das ältere Holz. Die mittleren Reihen der Markstrahlzellen von Pinus wirken also wie die Markstrahlzellen der Fichte und Tanne überhaupt. Die senkrechten Harzgänge der canarischen Kiefer sind von einem Holzparenchym umgeben, das auf seiner Querwand netzförmig verdickt ist. Das Wurzelholz unserer Kiefer besteht aus weiten, oft mit zwei Tüpfelreihen versehenen Holzzellen. Die Kiefer liefert wohl die besten Mastbäume, obschon sie der Tanne an Höhe und Stärke nicht gleichkommen, ferner ein vorzügliches Bauholz, das wegen seines Harzgehaltes auch für Wasserbauten tauglich ist und als Brennholz etwa der Fichte gleichsteht. Aus dem Holz der Kiefer wird der Theer geschweelt. Das Wurzelholz, ungleich harzreicher als das Stammholz, liefert den Kienspahn zum Anzünden, ist auch zum Theerschweelen besonders geeignet. Das alte Holz der canarischen Kiefer ist durch seinen grofsen Harzgehalt fast unvergänglich. In den alten, zur Zeit der Conquista (1402) gebauten Häusern auf Tenerife und Gran Canaria ist das Holzwerk der Säulen des Patio und seiner Gallerien noch so wohlerhalten, als ob es frisch gefällt wäre; es quillt zur Sommerzeit aus ihm noch Harz hervor.

Das junge Holz der Lerche (Larix europaea) ist weifslich, das Kernholz dagegen gelbröthlich gefärbt, zumal in der Wurzel, und dann viel fester als im jugendlichen Zustande. Die Markstrahlen sind einreihig und lang (bis 12 Zellen), ihre Zellen sind gleichartig, wie bei der Tanne (S. 187), gebaut, auch sind sowohl senkrechte als wagerechte Harzgänge vorhanden. Die Jahresringe sind in der Regel breiter als bei den vorhin genannten Nadelbäumen; der Stamm verdickt sich schneller, weil die Lerche, mit zahlreichen Nadeln bekleidet, mehr Holz als andere Nadelbäume zu bilden vermag. Die Zellen des Herbstholzes sind, wie bei der Fichte mit einem dicht gewundenen Spiralband versehen. Das Holz der Wurzel ist leicht und gelblich gefärbt, es besteht zum gröfsten Theil aus sehr weiten Frühlingszellen, welche oftmals drei Tüpfelreihen besitzen und nicht selten viermal so breit als die entsprechenden Holzzellen im Stamme erscheinen; das Wurzelholz der Lerche ist deshalb sehr leicht. — Nach Bechstein soll das Lerchenholz im Wasser härter als Eichen- und Erlenholz werden und auch zum Schiffsbau tauglich sein.

Die Brasiltanne (Araucaria brasiliensis) und wahrscheinlich auch die anderen Araucaria-Arten, ist das einzige mir bekannte Nadelholz ohne Jahresringe und schon dadurch von allen noch lebenden zu unterscheiden. Das Holz des Stammes hat sehr enge Holzzellen mit einer einzigen

Tüpfelreihe, das Holz der Wurzel, dessen Zellen 4—5mal so weit sind, zeigt dagegen 2—4 Tüpfelreihen, deren Tüpfelhof viel gröfser als im Stammholz ist (Fig. 76. S. 99). Die einreihigen Markstrahlen sind kurz und nur sehr schwach verdickt. Das Fehlen der Jahresringe und der Harzgänge, desgleichen die Beschaffenheit der Markstrahlen charakterisiren das Holz der Araucaria; das Vorkommen weiter Holzzellen mit mehreren Tüpfelreihen ist dagegen dem Wurzelholze aller Nadelhölzer und namentlich der Lerche eigen. Das Stammholz ist sehr fest und schwer, das Wurzelholz dafür um so leichter. Die dichtgedrängte Stellung der Tüpfel, nach Göppert, möchte kaum einen Charakter für Araucaria abgeben.

Der californische Riesenbaum (Wellingtonia gigantea) hat ein sehr leichtes weifses Holz mit engen, aber markirten Jahresringen, in welchen das Herbstholz nur als schmales Band vertreten ist. Die einreihigen Markstrahlen sind von sehr ungleicher Länge (sie bestehen aus 1—20 Zellen) und sind nur schwach verdickt, die Tüpfel grofs und länglich, Harzzellen sind sparsam, die Harzgänge fehlen.

Der Eibenbaum (Taxus baccata) liefert ein sehr festes, schweres, fast unvergängliches Holz, das sehr langsam wächst, sehr schmale Jahresringe bildet und statt der Harzgänge vereinzelte, dem Holzparenchym entsprechende Harzzellen besitzt. Seine Holzzellen zeigen sämmtlich ein sehr weitgewundenes Spiralband; die langen Markstrahlen sind einreihig. Das Holz wird von den Drechslern sehr gesucht, es erhält eine schöne Politur und ist schwarz gebeizt als deutsches Ebenholz bekannt.

Mit Harz erfüllte Holzparenchymzellen scheinen nur denjenigen Nadelhölzern eigen, welchen die Harzgänge fehlen, z. B. den Taxineen und Cupressineen, desgleichen der Ceder; bei der Tanne sind sie sparsam. Wirkliche Gefäfse, welche allen wahren Nadelhölzern mangeln, zeigen sich zuerst bei Ephedra. Die runden Löcher in der schief gestellten Querwand der Gefäfszellen sind für diese Pflanzen charakteristisch. — Die Gefäfszellen der Ephedra bilden gewissermafsen den Uebergang von der Holzzelle zur Gefäfszelle, sie sind mit zwei Tüpfelreihen versehen, während die nur halb so breiten Holzzellen eine Tüpfelreihe besitzen. Ephedra bleibt meistens strauchartig, ihr Holz hat deshalb keinen Werth. Das Holz von Gnetum dagegen ist, wie die ganze Pflanze, noch ziemlich unbekannt. Die Tüpfel der Holzzellen erscheinen im Frühlingsholz der Nadelbäume nur in der Richtung des Radius, im Herbstholz dagegen, wenngleich seltener, auch in der Richtung der Tangente (Fig. 75. S. 96). Bei Ephedra finden sie sich auf beiden Richtungen.

Das Holz der Eiche (Quercus pedunculata und sessiflora) besitzt Markstrahlen zweierlei Art, breitere und schmälere, wovon die ersteren auf einem Querschnitt, desgleichen auf einem Längsschnitt gegen die Markstrahlen geführt, schon mit unbewaffnetem Auge deutlich sichtbar sind und auf dem erwähnten Längsschnitt als kleine, schmale, senkrechte, in gewissen Entfernungen neben einander liegende Striche erscheinen, welche

der Tischler Spiegelfasern nennt. Das frische Holz, von gelblicher Farbe, dunkelt an der Luft sehr schnell; es ist fest, ziemlich schwer und erscheint, unter der Lupe gesehen, seiner ($\frac{15-50}{400}$ Millim.) weiten Gefäſse halber, sehr porös. Es besteht aus stark verdickten Holzzellen, weiteren und engeren getüpfelten Gefäſsen*), zwischen welchen das Holzparenchym in unregelmäſsigen Bändern und Gruppen auftritt. Die schmalen Markstrahlen sind einreihig, bis 16 Zellen lang, die breiten dagegen, sparsamer als bei der Buche vertreten, aber ungleich länger, sie bilden über einander stehend gewissermaſsen senkrechte Reihen; der Verlauf der Holzzellen schlängelt sich deshalb bei der Eiche nicht in dem Maſse als bei der Buche. Das Mark des Stammes und der Zweige ist fünfeckig (Fig. 61. S. 71), das Mark der Wurzel ist rund und kaum erkennbar (S. 162), das Holz der letzteren ist leichter als das Holz des Stammes, alle Zellenarten und namentlich die Gefäſse in demselben sind ungleich weiter (bis $\frac{90}{400}$ Mill.); die Holzzellen zeigen in der Wurzel zwei Tüpfelreihen, während sie im Stamm nur eine besitzen. Die Zellen des Markes verholzen späterhin, und führen, gleich den Zellen der Markstrahlen und des Holzparenchyms, im frischen Zustande Stärkmehl. Die Jahresringe sind markirt, bei dem Wurzelholz aber in der Regel erst durch das Mikroskop nachweisbar und zuweilen gar nicht vorhanden (bei einem Wurzelstück von $1\frac{1}{2}$ Zoll Dicke aus dem Thiergarten bei Berlin). — Als Bau- und Nutzholz, insbesondere zum Schiffsbau und zu den Schwellen der Eisenbahnen vielfach angewendet, scheint das Eichenholz für bestimmte Zwecke von keinem anderen Holz ersetzt zu werden. Sein groſser Gerbstoffgehalt (es schwärzt im frischen Zustande die Messerklinge) bedingt vielleicht zum Theil seine Dauerhaftigkeit. Auch die Weinfässer werden fast überall aus Eichenholz (auf Madeira und den Canaren aus amerikanischem Eichenholz) gefertigt, wobei das Holz zu den Dauben in radialer Richtung geschnitten wird, weil, nach der anderen Richtung hin getheilt, der Wein durch die weiten Markstrahlen sickert. Als Gebälk alter Gebäude ist es, vor Nässe geschützt, oft nach vielen hundert Jahren unversehrt, auch erhält es sich unter dem Wasserspiegel vortrefflich. Das Holz eines vor mehreren hundert Jahren versunkenen Schiffes war nicht verfault, vielmehr steinhart geworden; dagegen wird der Eichbaum selbst leicht markfaul, indem tiefe Verletzungen des Stammes oder der Aeste genügen, um eine Fäulniſs einzuleiten. Das längere Einwirken der Nässe, verbunden mit dem Einfluſs der Atmosphäre, auf eine Wundfläche des lebenden Baumes scheint hier die Fäulniſs einzuleiten, welche durch die Gegenwart des Stärkmehls im Holzparenchym, im Mark und in den Markstrahlen begünstigt wird.

Um die Fäulniſs zu verhindern, tränkt man seit einigen Jahren die Eisenbahnschwellen mit verschiedenen Metallsalzen, z. B. mit schwefel-

---

*) Die weitesten Gefäſse erscheinen im Frühlingsholz unmittelbar an der Grenze des Herbstholzes, was für die Eiche und ächte Kastanie bezeichnend ist.

saurem Eisenoxydul (Eisenvitriol), mit schwefelsaurem Kupferoxyd (Kupfervitriol), oder mit Zinkchlorid (salzsaurem Zinkoxyd). Getränktes Eichen- und Kiefernholz zeigte mir wohl auf der Aufsenfläche, desgleichen im Splint (im jungen noch Saft führenden Holz) durch chemische Reagentien unter dem Mikroskop die eingedrungene Metalllösung; tiefer im Innern des Holzes konnte ich dagegen weder durch Kalium-Eisencyanid (rothes Blutlaugensalz) Eisen, noch durch Kalium-Eisencyanür (gelbes Blutlaugensalz) Kupfer mit Sicherheit nachweisen. Das mit Eisenvitriol getränkte Eichenholz war nur an seiner Oberfläche geschwärzt, besafs dagegen im Innern seine gewöhnliche Färbung. Die inneren Partieen genannter Hölzer lieferten verkohlt und in Asche verwandelt ebenfalls keine deutliche Spuren vorhandener Metallsalze. Die Metalllösungen waren somit nur oberflächlich in das Holz gedrungen, hatten aber keinesweges die getränkten Schwellen ganz durchzogen. Eine oberflächliche Tränkung mag auch vollständig genügen, da das Innere der Hölzer ohnehin nicht mit der äufseren Luft in Berührung kommt; nur darf in solchem Falle die getränkte Schwelle nicht weiter behauen oder verkürzt werden. Beim Tränken des Holzes mit Salzlösungen kommt es zunächst darauf an, dafs das Holz noch frisch ist und Saft enthält, weil nur die safterfüllten Partieen jene Lösungen aufsaugen, weshalb man in neuester Zeit lebende Bäume nahe am Boden angehauen, und die Wunde mit einer Salzlösung umgeben hat*). Die Endosmose im lebenden Holze wirkt hier energischer, als die Luftpumpe beim trockenen Holze.

Das Holz der Korkeiche (Quercus Suber)**) ist dem vorigen ähnlich gebaut, nur sind die Jahresringe weniger markirt, jedoch auf dem Querschnitt durch mehrere Reihen tangential-tafelförmiger Holzzellen bezeichnet. Die Gefäfse sind $\frac{15-40}{410}$ Millim. weit. Im Holzparenchym finden sich grofse Krystalle. Die Rinde dagegen unterscheidet sich durch ihre Korkbildung wesentlich von unseren Eichen.

Das sehr harte Holz der Buche (Fagus silvatica) ist gelblich gefärbt, auf dem Querschnitt von breiten Markstrahlen durchsetzt, welche auf dem Längsschnitt gegen dieselben als kurze, braune, längliche, senkrecht gestellte Flecken auftreten und dies Holz genügend auszeichnen. Die breiten Markstrahlen, viel zahlreicher aber ungleich kürzer als bei der Eiche, bedingen einen mehr geschlungenen Verlauf der Holzzellen; die schmalen Markstrahlen bestehen aus 1—2 Zellenreihen und sind selten über 12 Zellen lang. Zwischen den engen, sehr stark, fast zum Verschwinden des inneren Raumes verdickten Holzzellen liegen getüpfelte, ziemlich enge ($\frac{12-24}{400}$ Mill. weite) Gefäfse, selten mit einer leiterförmig durchbrochenen Querwand, häufiger mit einem runden Loch in der Querwand versehen und aufserdem

---

*) Dingler's polytechnisches Journal. 1859.

**) Nach einem starken Stammstück aus der Gegend von Sevilla, desgleichen einem anderen, das auf Madeira gewachsen ist.

nur sparsam vertheiltes Holzparenchym. — Bei der Buche sind die engen und stark verdickten Holzzellen vorwaltend; daher die grofse Härte und Hitzkraft dieses Holzes. Das Holzparenchym, die Markstrahlen und das Mark der Buche führen im frischen Zustand Stärkmehl. Das Holz der Wurzel ist leichter, seine Zellen sind sämmtlich weiter und schwächer verdickt. Die Buche macht, wie alle Bäume mit sehr festem Holz, nur schmale Jahresringe, ihr Holz ist wegen seiner brüchigen Beschaffenheit, die wahrscheinlich zum Theil auf einer chemischen Modification seines Holzstoffes beruht, als Bauholz im Allgemeinen nicht anwendbar, dagegen zum Schiff-, Mühlen- und Wagenbau für bestimmte Zwecke, z. B. als Radkranz der Wagen- und Mühlenräder, sehr brauchbar; als Brennholz verdient es den ersten Rang unter allen unseren Holzarten. Unter dem Wasser hält es sich gleich dem Eichenholz vortrefflich.

Die der Buche nahverwandte ächte Kastanie (Castanea vesca) liefert ebenfalls ein festes, dauerhaftes Holz, welches in seinem Bau der Eiche am nächsten steht und wie diese im Frühlingsholz an der Grenze der Jahresringe sehr weite Gefäfse besitzt, dem jedoch die breiten Markstrahlen fehlen. Die Querwand der getüpfelten Gefäfse ist, wie bei der Buche, in der Regel mit einem runden Loch versehen; leiterförmig durchbrochene Querwände finden sich auch hier nur selten. Das Holzparenchym ist sparsam.

Die Hainbuche (Carpinus Betulus) besitzt ein der Buche an Härte fast gleichkommendes Holz, in dem die breiten Markstrahlen fehlen und das Holzparenchym nur einfache Reihen bildet, dessen sehr enge Holzzellen dagegen, wie bei der Buche, stark verdickt sind. Die ziemlich weiten Gefäfse ($\frac{15-20}{400}$ Millim.) dieses Holzes zeigen auf recht zarten Längsschnitten ein ziemlich flaches Spiralband. Die grofsen Tüpfel der Gefäfse liegen dicht neben einander und ist die Querwand der Gefäfszellen von einem runden Loch durchbrochen; die mäfsig langen Markstrahlen sind 1—2 Zellenreihen breit, mit stark verdickten Wänden. Die Grenze der Jahresringe erscheint, wie bei der Mehrzahl der sehr festen Hölzer, unter dem Mikroskop nur schwach markirt. — Das Holz der Hainbuche wird, seiner Härte wegen, zu Kammrädern, zu Schrauben und vielen anderen Zwecken verwerthet, auch werden aus ihm die Keile verfertigt, welche die Holzhauer beim Fällen der Bäume anwenden. Es steht an Brennkraft der Buche wenig nach, wird als Bauholz kaum benutzt und nimmt eine schöne Politur an. — Das weniger feste Holz des verwandten Haselstrauches (Corylus Avellana) hat einen ähnlichen Bau, aber Gefäfszellen ohne Spiralband mit leiterförmig durchbrochenen Scheidewänden.

Die Rüster (Ulmus campestris) besitzt einen weifsen Splint, dagegen ein bräunlich gefärbtes Kernholz, das durch das Vorkommen von zweierlei Gefäfszellen ausgezeichnet ist; die weiten Gefäfse, von $\frac{50-60}{400}$ Millim. Durchmesser, sind zahlreich und zerstreut, ihre Querwand ist von einem runden Loch durchbrochen, die engen Gefäfse, von $\frac{5-15}{400}$ Millim. Durchmesser, mit

Tüpfeln und Spiralband versehen, bilden dagegen, gesellig auftretend, unregelmäſsige Gruppen oder Bänder. Das Holzparenchym ist nur sparsam vorhanden und mit Stärkmehl erfüllt. Die Jahresringe sind durch die bandartige Anordnung der engen Gefäſse undeutlich geworden, jedoch entschieden vorhanden (wie bei Quercus Suber S. 193). Die Holzzellen sind sehr stark verdickt. — Die Markstrahlen sind 1—2reihig und von sehr ungleicher Länge. Das sehr feste Kernholz wird zu Wagner- und Tischlerarbeit vielfach benutzt; zu Wasserbauten ist es, gleich der Eiche, sehr geeignet. Während die Buche leicht vom Wurmfraſs leidet, wird das Ulmenholz von Würmern nicht beschädigt. Venedig soll auf einem Pfahlwerk von Ulmen- und Erlenstämmen ruhen. Als Brennholz steht die Ulme der Buche nach.

Auch der Ahorn (Acer campestre) und die Esche (Fraxinus excelsior) liefern ein festes, dauerhaftes Holz mit schmalen, 1—3reihigen Markstrahlen. Die Gefäſse des Ahorns sind getüpfelt und wie bei der Hainbuche spiralig gestreift; bei der Esche ist diese Streifung schwächer angedeutet, das Holzparenchym scheint zu fehlen; es ist auf Längs- und Querschnitten nicht mit Sicherheit nachzuweisen. Das Eschenholz wird zu mancherlei Tischlerarbeiten benutzt, desgleichen von Wagnern und Rudermachern verarbeitet, als Brennholz steht es der Buche nahe. Das Holz der Ahornarten findet ähnliche Verwendung.

Der Buchsbaum (Buxus sempervirens) besitzt vielleicht das festeste aller Hölzer. Die Grenze der Jahresringe, als dunkel gefärbtes Band, schon ohne Lupe sichtbar, erscheint unter dem Mikroskop, weil selbst das Frühlingsholz schon stark verdickt ist, weniger markirt. Die Markstrahlen sind kurz und meistens in der Mitte 2—3reihig, sie endigen mit einer längeren Zelle; die Gefäſszellen sind sparsam und eng ($\frac{15}{400}$ Millim.), mit sehr kleinen Tüpfeln und einer leiterförmig durchbrochenen Scheidewand, die ziemlich weiten Holzzellen sind sehr stark verdickt. Das Buchsbaumholz wird für die Anfertigung der Holzschnitte, zu denen es fast ausschlieſslich verwendet wird, sehr wichtig. Die stärksten Buchsbaumstämme kommen aus Süd-Frankreich und sind wahrscheinlich in Algerien gewachsen.

Unsere Obstbäume (Pyrus- und Prunus-Arten) geben ein gutes, insbesondere für Tischlerarbeiten (zu Mobilien) brauchbares Nutzholz, das eine schöne Politur annimmt und bei dem Apfel-, Birn-, Kirsch- und Pflaumenbaum, dem Mahagoniholze ähnlich, geflammt erscheint, sich aber unter dem Mikroskop durch die viel engeren, nicht über $\frac{15}{400}$ Millim. weiten Gefäſse und durch die schmäleren und längeren und daher weniger bauchigen Markstrahlen unterscheidet. Das Holzparenchym erscheint zerstreut zwischen den Holzzellen und zwar bei dem Apfel- und Birnbaum häufiger als bei dem Kirsch- und Pflaumenbaum, wo dasselbe nur schwach vertreten ist, bei Prunus lusitanica bildet eine bandartige Schicht desselben die Grenze der Jahresringe. Die Gefäſse sind getüpfelt und, wie es scheint, bei allen Prunus-Arten (dem Kirsch-, dem Pflaum- und dem Faulbaum, desgleichen bei Prunus lusitanica) mit einem zierlichen Spiralband versehen.

Das Holz der Wallnufs zeigt auf dem Querschnitt (Hirnschnitt) eine bänderartige Zeichnung, welche weniger durch die Jahresringe, die nur durch etwa 3 Reihen tangential-tafelförmiger Holzzellen markirt sind, als durch das bänderartig zwischen den engeren und stärker verdickten Holzzellen auftretende Holzparenchym veranlafst werden. Die Markstrahlen sind 1—5 reihig, die einreihigen nur kurz und sparsamer als die breiteren, welche 2—4 mal so lang als breit und deshalb bauchig sind. Die weiten Gefäfse ($\frac{75}{400}$ Millim.) mit grofsgetüpfelter Seitenwand sind von einem runden Loch durchbrochen. Das ältere Holz von graubraunem Ansehen wird vielfach zu Mobilien verwendet und kommt zum gröfsten Theil aus Spanien. Es ist von dem nordamerikanischem Nufsbaumholz (angeblich von der Bertolletia excelsa), das in ungeheueren Blöcken in den Handel kommt und ihm in Farbe und äufseren Ansehen sehr ähnlich, aber fester und schwerer ist, anatomisch kaum zu unterscheiden, doch sind die Gefäfse des letzteren enger und seine breiten Markstrahlen etwas kürzer. Dasselbe wird für gleiche Zwecke verwendet.

Die Birke (Betula alba) liefert ein weiches, aber zähes Holz, mit ziemlich weiten, aus kurzen Zellen bestehenden, sehr klein und dicht getüpfelten Gefäfsen, deren Scheidewände leiterartig durchbrochen sind. Die Markstrahlen sind kurz und 1—4 Zellenreihen breit. Die Jahresringe sind stark markirt. Das Holz wird zu Drechsler- und Schnitzarbeiten verwendet.

Das Holz der holzartigen Leguminosen scheint in vielen Fällen, wie bei der Ulme, durch zweierlei Gefäfse charakterisirt zu sein, von welchen die engeren auch hier gesellig auftreten und bänderartig angeordnet, dazu getüpfelt und mit einem Spiralband versehen sind (bei Ulex, Spartium und Genista). Es ist ferner durch verhältnifsmäfsig breite Markstrahlen, sowie durch weite Gefäfse ausgezeichnet. Bei Robinia, Gleditschia, bei Haematoxylon Campechianum (dem Campecheholz), bei Caesalpinia ecchinata (dem Fernambucholz) bewirkt das Holzparenchym eine bänderförmige Anordnung im Holze, welche am allerdeutlichsten bei Erythrina hervortritt. Die Holzzellen genannter Hölzer sind in der Regel stark verdickt und das Holzparenchym ist hier, wie in den meisten Fällen, viel dünnwandiger. Bei den Farbehölzern sind die Farbstoffe zum gröfsten Theil in den Markstrahlen und im Holzparenchym aufgespeichert.

Das hellbraune Holz von Swietenia Mahagoni, als St. Domingo-Mahagoni im Handel bekannt, zeigt auf dem Hirnschnitt zahlreiche concentrische hellere Linien, welche durch eine bänderartige Anordnung des Holzparenchyms hervorgerufen werden, aber in dem einen Falle häufiger, in dem anderen seltener vorkommen, wonach sich der Werth des Holzes ändert. Die ziemlich weiten Gefäfse ($\frac{40-60}{400}$ Millim.) erscheinen einzeln oder zu zwei, seltener zu drei radial neben einander; ihre Seitenwand ist stark verdickt und sehr dicht und fein getüpfelt. Die Markstrahlen, aus 3 bis 5 Zellen, sind breit und kurz, deshalb bauchig. In den Gefäfsen ist ein braunes Harz abgeschieden, das hier und da auch in den Markstrahlen

erscheint. Das Holz ist schwer und unterscheidet sich von dem Honduras-Mahagoni, welches einem anderen Baume angehören mufs und leichter ist, durch die viel schmäleren und häufiger auftretenden Bänder des Holzparenchyms und die ungleich engeren Gefäfse, welche bei dem Honduras-Holz bis $\frac{130}{400}$ Millim. weit und viel gröfser getüpfelt sind; desgleichen durch die Markstrahlen, welche bei letzterem länger und weniger bauchig erscheinen. Gefäfse und Holzzellen sind hier mit einem braunen Harz erfüllt. Das Polysanderholz zeigt auf dem Hirnschnitt eine ähnliche, dicht neben einander verlaufende concentrische Streifung als das Holz der Swietenia, welche durch bandartige Reihen des Holzparenchyms zwischen den stark verdickten Holzzellen veranlafst wird, aufserdem aber noch dunkele unregelmäfsige Zeichnungen, welche durch eine dunklere Färbung der Holzzellen selbst entstehen. Die Gefäfse sind einzeln und weit ($\frac{100}{400}$ Millim.), ihre Seitenwand besitzt grofse Tüpfel, die Markstrahlen, 2—3 Zellen breit, sind kurz und etwa doppelt oder dreimal so lang als breit. Das Holz ist sehr fest und schwer, sein Werth steigt nach dem Grade der Dunkelheit und der schönen Zeichnung. In dem ganz dunkelen, wahrscheinlich älteren Holz sind sämmtliche Zellen mit einem dunkelbraunen harzartigen Stoff ausgefüllt, welcher in den Gefäfsen in verschiedenen Farben, vom hellsten Gelb, zu Braun, Blau und Grün vorkommt und häufig im Innern des Gefäfses beinahe farblos, am Rande desselben aber dunkel gefärbt ist. Sämmtliche Zellen dieses Holzes sind durch ihre ganze Masse braun gefärbt. — Einige Lorbeerbäume Madeiras, z. B. der Til (Oreodaphne foetens) und der Vinhatico (Persea indica), dessen Holz als Madeira-Mahagoni, dem Honduras-Mahagoni sowohl äufserlich als anatomisch sehr ähnlich ist, liefern gleichfalls vortreffliche Nutzhölzer. Das schwarze Kernholz des Tils ist noch dunkler als das Polysanderholz. Das geflammte Ansehn aller dieser Hölzer wird durch die Bänder des Holzparenchyms hervorgerufen und beim Kirsch-, Pflaumen- und Nufsbaumholz auch durch die Jahresringe veranlafst. Die Flammenpyramide aber, welche bei den Fournieren dieser Hölzer so wesentlich in Betracht kommt und den eigentlichen Werth der Mahagoniblöcke bestimmt, beruht auf einer gabeligen Theilung des Stammes; sie liegt in der Axe der Gabel und richtet sich in ihrer Breite und Höhe nach dem Winkel, den die Theilung beschreibt, indem da, wo die beiden Gabeläste sich vereinigen, der Holzverlauf höchst unregelmäfsig wird, so dafs auf dem Tangentenschnitt, nach welchem die Fourniere erhalten werden, oft Hirnholz (quer durchschnittenes Holz) dicht neben Langholz (der Länge nach durchschnittenes Holz) liegt, wodurch die Flammen entstehen. — Die dunkelen Punkte und Striche in den polirten Hölzern dieser Art sind die durchschnittenen Gefäfszellen.

---

*) Herr Bergmann, Besitzer einer grofsen Dampf-Schneidemühle, hatte die Güte, mir über manche Nutzhölzer interessante Mittheilungen zu machen und mich mit einem reichen Material für die Untersuchung zu versehen.

Das Ebenholz (von Diospyros Ebenum), desgleichen das Holz der Billardstöcke, wahrscheinlich einer Acacie angehörig, und das Granadillaholz (von Punica Granatum), aus dem man in Spanien die besten Castagnetten verfertigt, sind als Splint- oder junges Holz weifslich oder hell gefärbt, erst das Kernholz färbt sich dunkel und das ältere Ebenholz ist völlig schwarz. Untersucht man diese Hölzer an derjenigen Stelle, wo das helle Splint- in das dunkele Kernholz übergeht, so findet man sämmtliche Zellen derselben von innen her mit einer schwarzen kohlenartigen Masse ausgekleidet, die sogar in die Porencanäle und in die Tüpfelräume der Gefäfszellen dringt, so dafs diese wie mit einer schwarzen Farbemasse ausgespritzt erscheinen. Diese von innen her, durch den Inhalt und die innerste nicht verholzte Verdickungsschicht der Zellen veranlafste Verkohlung greift darauf noch weiter um sich und die Zellen des Kernholzes erscheinen allmälig durch ihre ganze Wand braunschwarz gefärbt. Die Verkohlung beginnt hier, wie es scheint, im Holzparenchym, und pflanzt sich von dort auf die Holzzellen und Gefäfse über. Das Holzparenchym enthält aber, wie uns bekannt ist, reichlich Kohlenhydrate, welche leicht eine chemische Umänderung erleiden können, auch findet man in den Gefäfsen des schwarz gewordenen Kernholzes ausgeschiedene schwarze Massen. Kocht man kleine Splitterchen des schwarzen Ebenholzes mit Kalilauge, so färbt sich letztere zwar braun, aber selbst durch längeres wiederholtes Kochen mit erneuerter Lauge läfst sich die schwarze Färbung nicht vollständig entfernen. — Nach Mulder enthält nun das Kernholz der Bäume Ulminsäure, und scheint die mitgetheilte Beobachtung am Ebenholz Mulder's Ausspruch zu rechtfertigen und wenigstens die Umwandelung der Holzsubstanz gewisser Hölzer in eine Humuskohle zu beweisen. Die schwarze Färbung des Ebenholzes beruht allein auf dieser Umwandelung und die dunkele Färbung des Kernholzes anderer Holzarten, z. B. der Eiche und Lerche, möchte in einer ähnlichen chemischen Veränderung der Holzsubstanz ihre Ursache finden, wofür der Til (Oreodaphne foetens) noch mehr zu sprechen scheint, indem der weifse geruchlose Splint sich allmälig in ein sehr dunkeles, beinahe schwarzes Kernholz verwandelt, das am frisch gefällten Stamme einen durchdringenden Aasgeruch verbreitet, welcher sammt der dunkelen Färbung sicher durch chemische Veränderungen im Holze hervorgerufen wird. — Die einreihigen Markstrahlen des Ebenholzes sind mit grofsen Krystallen erfüllt.

Hölzer von geringerer Härte liefern die Weiden- und Pappelarten. Die Holzzellen beider (Salix fragilis und Populus nigra) sind weit und schwach verdickt, die getüpfelten Gefäfse von einem runden Loch durchbrochen (bei einer anderen Weidenart glaube ich einmal leiterförmige Scheidewände gesehen zu haben, welche Hartig ebenfalls abbildet*). Die

*) T. Hartig, Naturgeschichte der forstlichen Culturgewächse. Taf. 53. Fig. 3.

einreihigen Markstrahlen sind bei der Weide kürzer als bei der Pappel. Das Holz beider Bäume ist anatomisch schwer zu unterscheiden. Es wird zur Anfertigung mancherlei Geräthe, weniger als Bauholz, benutzt. Die Kohle der Aspe (Populus tremula) dient zur Bereitung des groben Schieſspulvers, während dünne Zweige von Prunus padus und Rhamnus frangula zur Kohle des feineren Schieſspulvers verwendet werden. — Die schlanken Zweige der Korbweide (Salix viminalis) sind als Bandholz, desgleichen zu Flechtwerken, sehr geeignet.

Das Holz der Erle (Alnus glutinosa) und der Haselnuſs (Corylus Avellana) stehen anatomisch einander sehr nahe. Auf dem Querschnitt glaubt man mit bloſsem Auge, wie bei der Eiche und Buche, breite Markstrahlen zu sehen, die aber bei mikroskopischer Untersuchung nicht vorhanden sind. Die hellen vom Mark zur Rinde durch den Holzring verlaufenden Streifen, welche ihnen gleichen, werden nämlich durch Holzpartieen, denen die Gefäſse gänzlich fehlen, hervorgerufen. Die wirklichen Markstrahlen sind, sowohl bei der Erle als bei der Haselnuſs, ein- oder zweireihig; die zahlreichen, aber nur an bestimmten Stellen im Holzringe vorhandenen Gefäſse sind sehr dicht und klein getüpfelt, die schief gestellte Querwand ist leiterförmig durchbrochen, das Holzparenchym ist sparsam und nur auf dem radialen Längsschnitt deutlich. Das Holz der Haselnuſs ist fester als das Holz der Erle, auch sind die Sparren der leiterförmigen Scheidewände seiner Gefäſszellen weiter entfernt als bei der letzteren. Die Markstrahlen des Erlenholzes sind mit einem braunrothen Stoff erfüllt, auch färbt sich das frische, weiſse Holz durch die Einwirkung der Luft an seiner Oberfläche sehr bald braunroth, was bei dem Haselholze nicht geschieht. Das Holz der Erle ist, da es sich unter Wasser lange erhält, zu Wasserbauten sehr geeignet; der Witterung preisgegeben, fault es dagegen um so leichter. Es wird zu verschiedenen Drechsler-, Tischler- und Schnitzarbeiten verwendet; als Brennholz hat es lange nicht den Werth der Buche, doch ist es ungleich besser als Weide und Pappel. Die schlanken Schüsse des Haselnuſsstrauches werden zu der allerfeinsten Flechtarbeit benutzt, wozu auf Madeira die Zweige einiger Ginster-Arten und namentlich des Spartium Scoparium, welches an der Südseite der Insel in einer Höhe von 2000—3000 Fuſs über dem Meere als hohes Unterholz dichte und ziemlich ausgedehnte, beinahe reine Bestände bildet, mit vielem Vortheil verwendet (Fig. 21. S. 25).

Die Linde (Tilia parvifolia) und die Roſskastanie (Aesculus Hippocastanum) besitzen ein leichtes, weiſses Holz. Die Querwand der getüpfelten Gefäſse desselben ist von einem runden Loch durchbrochen; bei der Roſskastanie sind nur sehr zart entwickelte Spiralbänder, den Prunus-Arten entsprechend, vorhanden; die getüpfelten Gefäſse der Linde sind dagegen mit einem sehr stark entwickelten, entfernt gewundenen Spiralbande versehen. Die Holzzellen beider sind weit und schwach verdickt. Das nur leichte Holz der Linde wird von Tischlern, Drechslern, Schnitzern und

Bildhauern vielfach benutzt, welche auch die Rofskastanie für ähnliche Zwecke verwenden. Beide Hölzer faulen leicht im Wasser.

Der Weinstock (Vitis vinifera) besitzt ein höchst eigenthümliches Holz. Sehr lange und breite Markstrahlen durchsetzen den Holzring, welcher spiralförmig verdickte, lange Holzzellen und ein Holzparenchym ohne Spiralband enthält. Die wagerechten Querwände der kurzen Zellen des letzteren sind äufserst zart und leicht zu übersehen. Die weiten Gefäfse des Weinstockes zeigen alle Uebergangsformen vom Spiralgefäfs durch das Treppengefäfs zum getüpfelten Gefäfse. Sowohl die breiten Markstrahlen als die Markscheide und das Holzpzrenchym sind im Winter mit Stärkmehl dicht erfüllt. Das starke Bluten des Weinstockes im Frühling erklärt sich deshalb aus der grofsen Menge der im Herbste aufgehäuften Nahrungsstoffe, welche im Frühling verflüssigt, eine lebhafte Wasseraufnahme aus dem Boden hervorrufen müssen.

Die Platane (Platanus occidentalis) endlich besitzt ein weifses, ziemlich festes aber leichtes Holz mit breiten 4—5reihigen Markstrahlen, welche schon mit unbewaffnetem Auge sichtbar sind. Die jüngsten secundären Markstrahlen sind dagegen schmal 1—2reihig, erweitern sich aber in den späteren Jahresringen zu breiten Markstrahlen, welche, wie beim Weinstock, eine bedeutende Länge besitzen. Die breiten Holzbündel enthalten neben stark verdickten Holzzellen sehr zahlreiche getüpfelte Gefäfse mit leiterförmig durchbrochener Querwand ($\frac{15-24}{400}$ Millim. weit), desgleichen ein Holzparenchym, das auf dem tangentialen Längsschnitt deutlich sichtbar wird. Die Markstrahlen des frischen Holzes enthalten viel Stärkmehl; die Grenze der Jahresringe ist markirt, obschon die Reihen der Herbstzellen nur sparsam sind. Das Holz der Platane soll eine gute Politur annehmen.

Blicken wir jetzt, nachdem uns der innere Bau und die technische Verwendung unserer wichtigeren Nutzhölzer bekannt ist, rückwärts auf die Beziehungen der Structur, sowohl zu den Eigenthümlichkeiten der Holzarten, als auch zu der Verwandtschaft der Pflanzen, von denen sie abstammen, unter einander.

Der Härtegrad des Holzes wird zunächst durch den Grad der Verdickung und die Menge seiner Holzzellen bedingt. Das Taxusholz, welches nur aus stark verdickten Holzzellen besteht, und das Buchsbaumholz, dessen Holzzellen ebenfalls sämmtlich stark verdickt sind und das nur wenige Gefäfse enthält, gehören zu den sehr harten Hölzern. Das Holz von Brosimum guianense aber (zu den Antocarpeen gehörig), dessen sparsam vorhandene Gefäfse wieder mit Zellen ausgefüllt sind, deren Wandung, wie bei den Holzzellen dieses Baumes, fast bis zum Verschwinden ihres inneren hohlen Raumes verdickt und verholzt ist, ist das härteste der mir bekannten Hölzer, es sinkt im Wasser unter. Verbrannt hinterläfst dasselbe ein Scelett, das aus kohlensaurem Kalk besteht. Auch das Teckholz (Tectona grandis, zu den Verbenaceen gehörig), aus dem in neuerer

Zeit die Engländer ihre Schiffe erbauen und für dessen Cultur sie in Ostindien grofse Sorgfalt verwenden, gehört zu den sehr harten Hölzern, dessen Asche ebenfalls sehr reich an kohlensaurem Kalke ist, aufserdem aber hier und da in den Gefäfsen und im Holzparenchym noch Kieselsäure aufgenommen hat, die beim Verbrennen als Kieselscelett der Zellen zurückbleibt. Das leichteste, mir bekannte Holz liefert die Wurzel von Anona paludosa, welches sich wie Fliedermark benutzen läfst und mit Ausnahme der sparsam vertretenen Gefäfse und der schmalen Bänder eines engen Holzparenchyms zum gröfsten Theil aus weiten und kurzen, nur sehr schwach verdickten Zellen besteht, welche die Holzzellen vertreten. Auch das Stammholz der Anona-Arten ist sehr leicht, doch sind die Zellen enger, desgleichen besitzen Aeschinomene paludosa und Carica Papaya ein leichtes Holz, in dem nur die Gefäfse verholzt sind. Die chemische Beschaffenheit der Verdickungsmasse der Holzzellen, sowie die Einlagerung mineralischer Stoffe in dieselbe, scheint überhaupt auf den Härtegrad der Hölzer Einflufs zu üben. Das Holz der Buche und Hainbuche schneidet sich z. B. ganz anders, als das Holz der Eiche, es ist ungleich spröder und brüchiger; die Verdickungsmasse der Holzzellen erscheint auf zarten Schnitten glashell, der mikroskopische Querschnitt rollt sich auf, während er bei vielen anderen Hölzern sich im Wasser auseinanderbreitet.

Die Bildung des Holzes steht in unserem Klima unter dem Einflufs der Jahreszeiten, und deshalb indirect unter dem Einflufs der Entwickelungsperioden neuer Triebe. So lange die letzteren noch in die Länge wachsen und ihre Blätter noch nicht ausgebildet sind, verbraucht der Baum einen grofsen Theil seiner Nahrung zu deren Vollendung; das Frühlingsholz ist deshalb immer weicher als das später entstandene Holz, mit starken verdickten Zellen, welches ich Herbstholz nenne. Ein Baum, dessen Zweige lange fortwachsen und dessen Endknospen sich also erst spät schliefsen, z. B. die Linde, Erle, Birke, der Haselstrauch u. s. w., kommt erst spät zur Bildung des Herbstholzes; ein anderer dagegen, der seine Knospen frühe schliefst, bildet dasselbe auch um so zeitiger. In der Wurzel aber, die ihr Längswachsthum später als der Stamm beendigt, dauert die Bildung des Frühlingsholzes deshalb auch am längsten (die Eiche, Buche, Tanne, Kiefer u. s. w.). Das Frühlingsholz hat weite, schwach verdickte Holzzellen, das Herbstholz dagegen enge, stark verdickte Zellen (Fig. 75. S. 96); der Jahresring der leichten Hölzer, meist aus Frühlingsholz bestehend, ist schon deshalb breiter als der Jahresring der schweren Holzarten, wo die Herbstzellen vorwalten. Alle schnell in die Höhe und in die Dicke wachsenden Bäume haben ein leichtes, alle langsam wachsenden Bäume liefern ein schweres Holz. Alle tropischen Bäume, welche ihre Knospen schliefsen, bilden ein Holz mit Jahresringen (Adansonia, Bombax), andere dagegen, welche ohne Unterbrechung wachsen, zeigen keine Jahresringe (S. 97). Diese aber können in allen Fällen nur durch eine scharfe, den ganzen Stamm umkreisende Grenze

zwischen Herbstholz und Frühlingsholz bestimmt werden. Auch giebt es innerhalb derselben Familie, z. B. bei den auf Madeira wachsenden sämmtlich immergrünen Lorbeerbäumen, Arten mit (Laurus canariensis) und andere ohne Jahresringe (Persea indica, Phoebe barbusana), oder nur mit Andeutungen derselben (Oreodaphne foetens).

Der Standort und die Bodenbeschaffenheit kommen für den Werth des Holzes gleichfalls in Betracht; die Kiefer des freien Wuchses bildet mehr Zweige und darum auch breitere Jahresringe, allein ihr Holz ist leichter als dasjenige der Kiefer des geschlossenen Bestandes, deren Jahresringe schmäler sind, weil in den breiteren Jahresringen das Frühlingsholz vorwaltet. Nach der Bodenbeschaffenheit aber werden sich noch die mineralischen Einlagerungen richten (S. 200).

Bei unseren Nadelhölzern ist der Gegensatz des Frühlingsholzes zum Herbstholz sehr in die Augen fallend, die Jahresringe dieser Bäume sind deshalb auch sehr markirt. Ein nur wenige Zoll starker Querschnitt reiſst nicht allein in der Richtung der Markstrahlen, sondern gar häufig ebenfalls an der Grenze der Jahresringe, weil sich beim Austrocknen die weiten, schwach verdickten Zellen des Frühlingsholzes anders als die engen, stark verdickten Zellen des Herbstholzes zusammenziehen. Frisch gefällte Stämme zeigen bei zu schnellem Austrocknen ein ähnliches Reiſsen, indem sich namentlich das Kernholz leicht vom Splinte trennt. Bei der Eiche und Kastanie ist der Unterschied zwischen dem im Frühling und im Herbst gebildeten Holze viel geringer, doch liegen in ersterem die weiten Gefäſse vom Holzparenchym umgeben. Die Wurzel der Eiche zeigt dem unbewaffneten Auge bisweilen gar keine Jahresringe und sind dieselben in diesem Falle auch mit dem Mikroskop kaum nachzuweisen (p. 192). Die Holzzellen dieser Bäume verlaufen überdies mehr geschlungen, das Holz reiſst, namentlich bei der Eiche, wohl in der Richtung der breiten Markstrahlen, es fällt aber nicht in der Richtung der Jahresringe auseinander.

Fig. 133.



Fig. 133. Die Wurzel eines älteren Weidenstammes.

Dem Härtegrad des Holzes entspricht auch die Menge des Brennstoffes. Die Wurzel aller von mir untersuchten Bäume hat weitere Zellen und deshalb ein ungleich leichteres Holz als der Stamm. Das Wurzel- oder Stockholz besitzt also auch eine geringere Menge Brennstoff als das Stammholz (S. 99). Das Stock- oder Wurzelholz ist in der Regel sehr knorrig, weil die Wurzel auf demselben Raum ungleich mehr Wurzelzweige als der Stamm Stammzweige aussendet (Fig. 133). Das Holz der Buche und Hainbuche enthält den meisten Brennstoff; das Holz der Weide und Pappel dagegen hat unter unseren Holzarten den geringsten Brennwerth, für welchen auch die Zeit, in der das Holz geschlagen wurde, von Bedeutung ist. Man fällt das Brennholz im ersten Frühjahr und im Spätherbst, aber nicht im Sommer und erhält in demselben somit die Reservestoffe, welche im Herbst aufgespeichert, noch im Frühjahr ungelöst vorhanden sind und so den Brennwerth des Holzes bedeutend erhöhen, im Sommer aber zur Ausbildung der Zweige, Blätter und Blüthen verwerthet werden und deshalb in dieser Jahreszeit fehlen.

Der Harzgehalt des Holzes einiger Nadelhölzer bedingt zum Theil die Dauerhaftigkeit derselben; das Holz der Tanne, welches kein Harz enthält, ist gegen Nässe empfindlicher als das Holz der Kiefer, Fichte und Lerche. Das ältere, sogenannte Kernholz der drei letzterwähnten Bäume, dessen Zellen stark mit Harz durchtränkt sind, wird darum für bestimmte Zwecke mehr als das jüngere geschätzt. Das ganz von Harz durchtränkte Kernholz der canarischen Kiefer ist fast unvergänglich (S. 189), aber auch der Feuersgefahr sehr unterworfen. Der Gerbstoffgehalt des Eichen-, Erlen- und Ulmenholzes (?) erklärt gleichfalls vielleicht deren Dauerhaftigkeit unter bestimmten Verhältnissen und zwar zunächst für Wasserbauten. Kalk- und Kieselsäure-Einlagerungen erhöhen andererseits die Dauerhaftigkeit der Hölzer (Tectona, Brosimum), sie erklären zugleich, warum der Werth derselben Holzart nach dem Standort des Baumes verschieden sein kann.

Die Fourniere der Mobilienhölzer werden in der Richtung gegen die Markstrahlen (in tangentialer Richtung) geschnitten. Alle harten Hölzer aber erhalten eine gute Politur. Das Holzparenchym oder auch das Frühlingsholz erscheint heller; nach dem Vorkommen des ersteren und nach dem mehr oder weniger unregelmäfsigen Verlauf der Holz- und Gefäfszellen aber richtet sich die Zeichnung und Schattirung der Fourniere.

Das Holzparenchym, dessen Zellen selten so stark verdickt sind als die Holzzellen und überhaupt mehr dem eigentlichen Parenchym entsprechen, sowie die Markstrahlen bleiben lange saftreich, während die Holzzellen und die Gefäfse bald ihren Saft verlieren und darauf Luft enthalten. Im Holzparenchym und in den Markstrahlen bilden sich nun zur Herbstzeit die Reservestoffe, als Stärkmehl u. s. w. und nur in ganz seltenen Fällen bleiben auch die Holzzellen länger thätig und füllen sich mit Stärkmehl (bei Boehmeria rubra, einer baumartigen Nesselart der Canaren, und bei Datura arborea, welche kein Holzparenchym be-

sitzen)*). Die Farbstoffe der Farbehölzer sind ebenfalls in den Markstrahlen und dem Holzparenchym aufgespeichert. Das letztere unterhält auch die Saftverbindung bei geringelten Aesten, wovon ich mich für die Buche selbst überzeugt habe (S. 127). Es umgiebt überall die Gefäſse. In den Holz- und Gefäſszellen selbst entstehen solche Stoffe nicht, wohl aber wird auch ihre Wand von gelösten Farbstoffen u. s. w. getränkt, auch scheidet das Holparenchym bisweilen gummi- oder harzartige Stoffe in die lufterfüllten Gefäſse (bei einer Krankheitsform der Zuckerrübe, ferner bei einigen tropischen Schlingpflanzen, desgleichen im Holze der Calligonum-Arten und der baumartigen Chenopodiaceen, auch beim Mahagoni- und Polysanderholz). Das Holzparenchym und die Markstrahlzellen bilden wiederum bei anderen Pflanzen Tochterzellen, welche durch die Tüpfel der Gefäſswand blasenartig in die lufterfüllten Gefäſse hineinwachsen und nicht selten die letzteren mit einem dichten zartwandigen Gewebe ausfüllen (bei vielen Leguminosen, auch bei der Eiche, vorzugsweise aber bei den tropischen Schlingpflanzen). Diese secundäre Zellenbildung hat man Tillen genannt (Fig. 134). Bei der Erle, dem Haselstrauch, der Pappel, Weide, Birke, dem Ahorn u. s. w. ist das Holzparenchym nur sparsam vertreten und auf Längs- und Querschnitten leicht zu übersehen, jedoch durch Isolirung der Zellen erkennbar**).

Die dunkele Färbung des Kernholzes, desgleichen einzelner Partieen im Stamm gewisser Bäume, wird wahrscheinlich durch die Zersetzung (Veränderung) der im Holzparenchym angehäuften Stoffe eingeleitet (beim Ebenholz, beim Holz der Acacie, des Granatbaumes und der Eiche).

Fig. 134.

Fig. 134. Querschnitt durch das Holz von Robinia viscosa. *m* u. *m* Markstrahlen; *hp* Holzparenchym; *hz* Holzzellen; g^{I} Ein Gefäſs, in welches von Seiten des Holzparenchyms und der Markstrahlzellen blasenartig kleine Zellen (Tillen) durch die hier allerdings verschlossenen Tüpfelcanäle hineingewachsen sind; g^{II} ein anderes Gefäſs, in welchem solche Zellen sich bereits zu einem Gewebe angeordnet haben (200 mal vergröſsert).

*) Nach Sanio auch bei Berberis, Sambucus und Evonymus und nach Hartig auſserdem bei Acer, Fuchsia, Hedera, Syringa, Punica, Rubus u. s. w. Diese Holzzellen haben keine Tüpfel.

**) Hierauf beruht die irrige Angabe ihres Fehlens in der ersten Ausgabe dieses Buches; doch kommen auch Hölzer vor, wo mir das Dasein des Holzparenchyms selbst nach dieser Methode noch zweifelhaft bleibt (Boehmeria und Datura).

Die Länge und Breite der Markstrahlen bedingt den Verlauf der Holz- und Gefäfszellen; sind die Markstrahlen lang und schmal, wie bei den Nadelbäumen (Fig. 128*a*. S. 180), so ist der Verlauf fast gerade; sind sie dagegen breit und kurz und deshalb bauchig, wie bei dem Mahagoniholz (Fig. 128*b*. S. 180), so ist der Verlauf der Holzzellen ein geschlungener und die Spaltungsfläche nicht so eben.

Markstrahlen zweierlei Art, breite und schmale neben einander, sind nur wenig Bäumen eigen; ich fand sie bei der Eiche und bei der Buche, ferner bei Platanus (S. 200), Erica, Vaccinium, Ilex, Clethra, Visnea, Banksia, Buettneria, Petraea und Passiflora. Die Cinchona-Arten haben nur scheinbar zweierlei Markstrahlen, indem dieselben in der Mitte breit und mehrreihig sind, an beiden Enden aber mit einer langen Zelle auslaufen (ähnlich bei Thea). Die breiten Markstrahlen sind meistens auf dem Querschnitt schon mit blofsem Auge sichtbar.

Alle ächten Nadelhölzer (Pinus, Abies, Picea, Larix, Araucaria, Wellingtonia, Thuja, Taxus, Taxodium, Juniperus u. s. w.) haben einreihige Markstrahlen, bei Ephedra und Gnetum sind dieselben mehrreihig. Allen wahren Nadelhölzern fehlen die Gefäfse, welche bei Ephedra und Gnetum vorhanden sind. Einreihige Markstrahlen finden wir unter den Laubhölzern: bei der Weide, der Pappel, der Linde, der Rofskastanie, der Erle und bei dem Haselstrauch. Das Holz der beiden letztgenannten Bäume zeigt strahlenartig den Holzring durchsetzende Partieen, wo die Gefäfse fehlen. Mehrreihige Markstrahlen sind den meisten Leguminosen, ferner den Mistel-Arten (Viscum und Loranthus) eigen; der Weinstock und die Platane besitzen die breitesten und längsten mir bekannten Markstrahlen. Ein- bis zwei- oder dreireihige Markstrahlen zeigt die Ulme, die Esche, die Wallnufs, die Birke, der Apfel- und der Kirschbaum, desgleichen der Ahorn und der Nufsbaum.

Getüpfelte Gefäfse mit mehr oder weniger entwickeltem Spiralbande finden wir im Holz der Linde, der Hainbuche, des Ahorns, der Rofskastanie und des Kirschbaumes, wie bei den Prunus-Arten (P. Padus, P. domestica, P. lusitanica) überhaupt, desgleichen im Holz der Vaccinium-Arten und der Visnea. Die engen Gefäfse von Ulmus, Ulex und Spartium sind gleichfalls mit einem Spiralbande versehen. Die Zellen aller dieser Gefäfse sind verhältnifsmäfsig kurz, während die eigentlichen Spiralgefäfse der Markscheide aus sehr langen und meistens engeren Zellen bestehen*).

---

*) Die Spiral- und Ringgefäfse der Markscheide bilden sich in derselben Weise als die getüpfelten Gefäfse des Holzes, die Hartig Holzröhren nennt und von den ersteren scharf geschieden wünscht; der Unterschied liegt nur darin, dafs jene zu einer Zeit entstanden sind, wo sich der Zweig noch gewaltig streckte, so dafs sich seine Zellen mit ihm verlängern mufsten, während die Zellen der später entstandenen Gefäfse sich in der Regel nicht mehr verlängern konnten.

Getüpfelte Gefäſse mit leiterfömig durchbrochener Querwand sind der Birke, der Erle, dem Haselstrauch und dem Buchsbaum eigen, sie finden sich ferner bei Myrica, Viburnum, Ilex, Vaccinium, Clethra und Visnea, auch die Platane zeigt dieselben, doch kommen bei ihr nicht minder häufig runde Löcher in der Querwand vor, welche auch bei Clethra arborea und Vaccinium padifolium nicht selten gefunden werden. Mehrere runde, tüpfelförmige Löcher in der Querwand der Gefäſse sind nur für Ephedra und Rhizophora bekannt. Die Querwand der Gefäſse aller anderen von mir untersuchten Holzarten ist von einem runden Loch durchbrochen. Durch sehr weite Gefäſse ist das Holz vieler Leguminosen, ferner das Holz tropischer Schlingpflanzen, ausgezeichnet; auch unsere Eiche und ächte Kastanie besitzen, namentlich in der Wurzel, sehr weite Gefäſse*).

Holzzellen mit einem Spiralband finden wir bei Taxus und bei Vitis, ferner bei Visnea Mocanera und Vaccinium padifolium, desgleichen im Herbstholz der Fichte und Lerche.

Die maserige Beschaffenheit eines Holzes beruht auf dem verschlungenen Verlauf der Holz- und Gefäſszellen, um Zweige oder Knospen, denen die sich neu bildende Holzschicht, sie umgebend, ausweichen muſs. Die Maserbildung ist deshalb, wenn die Zweige selbst nicht zur Ausbildung kommen, dagegen neben ihnen fortwährend neue Knospen entstehen, besonders schön entwickelt. Sie findet sich nicht selten an den Ueberwallungsstellen der Buche, desgleichen an den knorrigen Auswüchsen der Roſskastanie und der Pappel, welche reichlich Knospen treiben (Fig. 93. S. 119). An denselben Orten findet man ebenfalls die Säumaugen, die ihrerseits nicht selten wieder Maserbildung zeigen. Die letzten Jahresringe uralter Bäume (der Tannen, Kastanien und Lorbeerbäume), die wenig Laub besitzen, desgleichen der überwallten Stöcke der Tanne und Fichte entwickeln dagegen auch ohne Knospenbildung ein sehr verschlungenes Holz. — Der Mangel der Luftnahrung scheint hier verändernd auf den Bau des Holzes einzuwirken. Ein maseriges Holz spaltet nicht leicht, es ist in der Regel sehr fest, weil seine Zellen stark verdickt sind; man braucht es zu Fournieren und verfertigt aus ihm Dosen und andere Spielereien.

Das Stockholz (Wurzelholz) (Fig. 133. S. 202) der Bäume ist ästiger und deshalb schwerer zu spalten, auch nicht zum Bauen anwendbar, wie das Stammholz, namentlich solcher Bäume, die im geschlossenen Bestande gezogen wurden und deshalb ziemlich astrein sind. So lange nämlich ein Ast oder Zweig fortwächst, müssen sich die neugebildeten Holzschichten, ihm ausweichend, um ihn lagern. Wenn dagegen am unteren Theile des Stammes die Aeste abgestorben sind, so überwachsen die Holzschichten

---

*) Eine wagerechte Scheidewand ist in der Regel von einem runden Loch, eine schiefgestellte dagegen leiterförmig durchbrochen. Nach Hartig sind auch bei Guajacum die Gefäſse mit Harz erfüllt, wogegen sich bei Glycyrrhiza Süſsholzzucker in denselben findet (S. 204).

der folgenden Jahre allmälig die Stumpfe derselben, so dafs am Stamme auch äufserlich fast jede Spur früherer Aeste verwischt wird*).

Bei den Palmen und dem Drachenbaum, überhaupt bei denjenigen Monocotyledonen, welche baumartig werden und ihren Stamm längere Zeit verdicken, finden wir ein mehr oder weniger festes Holz, das freilich nicht, wie bei den Dicotyledonen, vom Marke scharf geschieden ist, als welches man den inneren Theil des Stammes, dessen Parenchym in der Regel weicher und dessen Gefäfsbündel anders ausgebildet sind, betrachten darf (Fig. 25. S. 27). Wenn die Holzzellen der Gefäfsbündel stark verdickt sind und gleichzeitig das Parenchym zwischen den Bündeln verholzt, so bildet sich auch hier ein Holzring von grofser Festigkeit, die, wie es scheint, noch mit dem Alter des Baumes zunimmt. Das Holz von Astrocaryum und Caryota, desgleichen von Phoenix und Corypha, wird nach der Mitte des Stammes ungleich weicher, als in der unmittelbaren Nähe des Verdickungsringes, wo es oftmals eisenhart erscheint. Die Holzzellen einiger Palmen sind, gleich den verholzten Zellen der Gefäfsbündelscheiden tropischer Farrn, dunkelbraun gefärbt; wie dies die Schirmstöcke aus Palmenholz (Phoenix dactylifera) so deutlich zeigen. Auch der Drachenbaum (Dracaena Draco) bildet, sobald der Zweig nicht mehr in die Länge wächst, einen wirklichen Holzring von ziemlich fester Beschaffenheit, in dem aber der monocotyledone Bau unverkennbar bleibt.

Den baumartigen Farrn darf man dagegen kein eigentliches Holz zuschreiben. Die oftmals dunkelbraun, fast schwarz gefärbten, harten und verholzten Bänder (*a* und *b* der Fig. 77. S. 101), welche die Gefäfsbündel des Stammes umgrenzen, entstehen nämlich nicht aus dem Cambium der Gefäfsbündel selbst, sind also auch keine eigentliche Holzzellen, und sind nicht getüpfelt; ich mufs dieselben mit H. v. Mohl als verholztes Parenchym betrachten.

Wenn wir jetzt zur Rinde übergehen, so müssen wir den Bau und das Leben derselben von ihrem Entstehen ab verfolgen, weil hier mit dem Alter des Zweiges wesentliche Veränderungen vorgehen. Unsere Kenntnifs vom Bau und Leben der Rinde war nun bisher sehr mangelhaft und läfst auch jetzt noch viel zu wünschen übrig**). — Verweilen wir deshalb zuerst noch bei den Siebröhren, als der am wenigsten bekannten Zellenart der Rinde.

Für die von Hartig entdeckten Siebröhren, welche v. Mohl Gitterzellen nennt, kann man, so weit unsere jetzige Kenntnifs reicht, drei

---

*) Man vergleiche über den Bau der Hölzer; Hartig, Bot. Ztg. von 1848 u. 1859. — Cordes, Europesche Houtsoorten. Haarlem 1857. — Sanio, Im Winter Stärke führende Zellen des Holzkörpers u. s. w. Halle 1858.

**) T. Hartig, Naturgeschichte der Holzgewächse. — Hanstein, Bau und Entwickelung der Baumrinde. Berlin 1853. — v. Mohl, Vermischte Schriften. S. 221. Bot. Ztg. 1855.

Formen unterscheiden; nämlich: 1. Längsreihen senkrecht stehender langgestreckter Zellen, deren wagerechte Querwand eine netzförmige Verdickung zeigt (bei Cucurbita [Fig. 135 *A*] und Carica Papaya); 2. Längsreihen senkrecht stehender langgestreckter Zellen, welche mit schiefgestellter Querwand auf einandertreffen und an dieser Stelle leiterförmige Verdickungen besitzen, zwischen welchen die verdünnten Partieen ihrerseits wieder sehr zart und netzförmig verdickt erscheinen (bei den Bignoniaceen) (Fig. 135 *B*) und endlich 3. langgestreckte Zellen, welche auf ihrer Seitenwand, und zwar, wie es scheint, nur nach der Richtung der Markstrahlen kreisförmige, dem Tüpfelhof der Nadelhölzer ähnliche, verdünnte Stellen besitzen, die ihrerseits wieder sehr fein netzförmig verdickt sind (bei den Nadelhölzern, wo ich dieselben in der vorigen Auflage dieses Buches als zartwandige, unverholzte Bastzellen beschrieben habe) (Fig. 135 *C*). Das Vorkommen dieser Zellenformen im Basttheil der Gefäſsbündel und die eigenthümliche Weise ihrer Verdickung hat bisher als Charakter für die Siebröhren gegolten; nun finden sich aber, z. B. bei Taxus, langgestreckte, zartwandige Zellen, welche nur sehr undeutlich Sieb- oder Gitterporen unterscheiden lassen, dagegen ihrer Stellung und ihrem übrigen Verhalten nach weder als wirkliche Bastzellen, noch als Bastparenchym angesprochen werden können. Ich glaube deshalb, mit Hartig, daſs wenn man die Siebröhren als ein besonderes Element des Basttheiles der dicotyledonen Gewächse auffassen will, man überhaupt alle langgestreckten, senkrecht stehenden, zartwandigen Zellen der secundären Rinde, welche kein

Fig. 135.

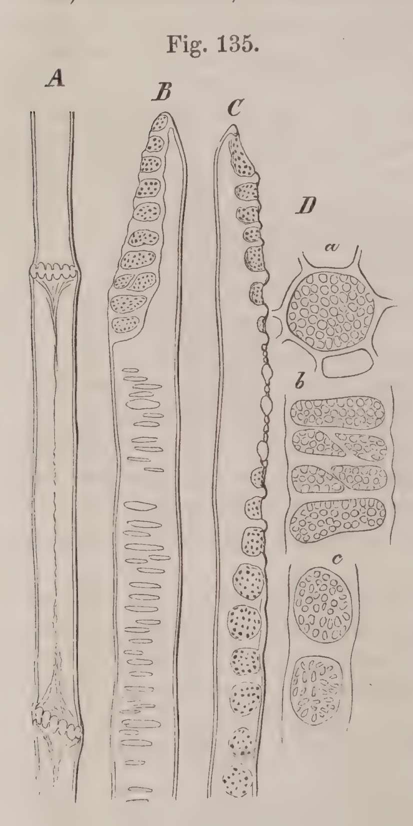


Fig. 135. Die drei typischen Formen der Siebröhren. *A* Aus Cucurbita Pepo, wo die Querwände ein eigenthümliches, mir noch unklares Verhalten zeigen, indem sie von einer Schleimschicht umhüllt sind, die oftmals fadenartig das Centrum der Zellen durchzieht. *B* Aus einer nicht bestimmten Bignonia. *C* Aus der Wurzel von Araucaria brasiliensis. Alle drei bei 200maliger Vergröſserung. *a* Die Querwand von *A*, von oben gesehen; *b* Theil der schiefstehenden Wand von *B*: *c* zwei Siebporen der Seitenwand von *C*. Alle drei bei 400 maliger Vergröſserung.

Bastparenchym sind, als Siebröhren ansprechen darf. — Die Wand der genannten Zellen hat schon an und für sich eine eigenthümlich weiche Beschaffenheit, wodurch namentlich die Gitterporen ein aufgequollenes glänzendes Ansehn erhalten. Die netzförmige Verdickung der letzteren aber welche bei schwacher (200maliger) Vergröfserung siebförmig punktirt erscheint, ist oft nur mit sehr guten Mikroskopen als solche wahrnehmbar. Bei den Laubhölzern scheinen diese Poren mehr auf der Querwand, beim Pyrus communis und Vitis vinifera, nach v. Mohl, auch seitlich, bei den Nadelhölzern dagegen nur auf der Seitenwand vorzukommen. Es zeigt sich bei den letzteren in der Länge und Weite eine grofse Uebereinstimmung der Siebröhren mit den wirklichen Bastzellen; beide sind dazu in der Wurzel doppelt oder dreimal so weit als im Stamm, aber dennoch sind die Siebröhren, selbst bei Araucaria, nur mit einer einfachen Reihe von Gitterporen versehen (S. 190). — Dieselben scheinen in bestimmter Weise mit den übrigen Zellen des Basttheiles der Gefäfsbündel dem absteigenden Saftstrome zu dienen, enthalten niemals Stärkmehl, das im Bastparenchym und in den Markstrahlen der Rinde vielfach angetroffen wird, und treten nach den Pflanzen in verschiedener Anordnung, bald in Form von Bändern (bei Bignonia, Vitis, Taxus, Cupressus, Wellingtonia, Araucaria) oder bandartigen Gruppen (bei den Abietineen), seltener zerstreut zwischen den übrigen Theilen des Bastgewebes auf und sind in der Regel bei den Laubhölzern auf dem Querschnitt weiter als die Zellen des Bastparenchyms, bei den Nadelhölzern dagegen enger als diese. Ob die Siebröhren später Veränderungen eingehen und ob diejenigen Zellenformen, welche in den älteren Theilen gewisser Rinden (Tanne, Fichte und Lerche) angetroffen werden und die ich secundäre Bastzellen genannt habe, aus oder in ihnen entstanden sind, ist zur Zeit noch unentschieden, aber sehr wahrscheinlich. Hartig glaubt, dafs aus ihnen späterhin Bastfasern (Bastzellen) entstehen können. Bei Wellingtonia und anderen Nadelhölzern findet man sie vertrocknet und braun gefärbt in der Borke wieder, wo die Gitterporen alsdann sehr deutlich werden. — J. Hanstein hat nun ganz neuerlich im Stamm und in den Blättern vieler monocotyledonen Gewächse den Siebröhren ähnliche Bildungen nachgewiesen, welche zum Theil einen Milchsaft (bei den Allium-Arten), zum Theil aber auch Krystallbündel enthalten (Tradescantia, Alstroemeria) und bei einigen Pflanzen durch Verschmelzung vieler, eine Längsreihe bildender, Zellen zu einer den Milchsaftgefäfsen ähnlichen, aber unverzweigten Röhre werden. Dieselben liegen hier aufserhalb der Gefäfsbündel*).

Die Rinde des jungen Tannenzweiges (Abies pectinata) ist von einer wahren Epidermis (S. 30), welche kurze mehrzellige Haare entwickelt, bekleidet. Schon im Sommer des ersten Jahres stirbt diese Oberhaut mit

*) Hartig, Bot. Ztg. 1853 u. 1854. — v. Mohl, Bot. Ztg. 1855. — J. Hanstein, Jahresbericht der Berliner Akademie. 1859.

mehreren Reihen unter ihr liegender Zellen ab, weil sich, etwa im Juli, unter den genannten Zellenschichten ein Periderma (S. 31) entwickelt. Die bis dahin grün gefärbte Rinde wird dann gelblich, allein die abgestorbenen äufseren Theile bleiben, rissig und vertrocknet, oft noch jahrelang, bis allmälig der behaarte Ueberzug verschwindet und der glatte, weifslich gefärbte Lederkork, welcher auch den Stamm der Weifstanne bekleidet, die abgestorbene Oberhaut ersetzt. In dem ursprünglichen Theil der Rinde bilden sich frühe, schon im ersten Lebensjahre des Zweiges, mehrere Reihen weiter senkrechter Harzgänge, welche, wie im Blatte, durch das Auseinanderweichen bestimmter Zellenreihen entstehen, worauf in denjenigen Zellen, welche die so entstandene Längslücke begrenzen, sich durch Zellentheilung eine secernirende Oberhaut entwickelt, die später das Harz in den Harzgang ausscheidet. Bei der Tanne sind die Harzgänge der Rinde genau so gebaut, als die Harzgänge der Nadeln (Fig. 18. S. 22). Die ursprüngliche Rinde enthält aufserdem zwischen kleineren, Chlorophyll und Stärkmehl enthaltenden Nahrungszellen (Parenchymzellen), gröfsere mit einer schleimig-gummiartigen Flüssigkeit erfüllte Zellen, welche ich, ihres Inhaltes halber, Bassorinzellen nenne. Nur die ursprüngliche Rinde der Tanne bildet die Harzgänge. Bei der Wurzel stirbt der gröfste Theil der ursprünglichen Rinde frühzeitig ab, derselben fehlen deshalb die Harzgänge, welche in der Rinde des Stammes senkrechte, mit Harz und Luft erfüllte Canäle bilden. Der durch den Verdickungsring und das mit ihm zusammenfallende Cambium der Gefäfsbündel entstandene Theil (die secundäre Rinde) des jungen Zweiges besteht zum gröfsten Theil aus Siebröhren (Fig. 135 *b*. S. 208), welche Gruppen bilden, die nach der einen Richtung durch Bastparenchymreihen, nach der anderen aber durch die Markstrahlen von einander geschieden sind (Fig. 136). Mit der Zunahme des Holzringes wächst nun auch die Rinde, aber in beschränkterem Grade. — Bis zum sechsten oder achten Jahre des Zweiges enthält dieselbe keine verholzte Zellen, wohl aber finden sich in der Umgebung der Siebröhren Krystalle im Bastparenchym. Jetzt ändert sich das Leben des älteren Theiles der secundären Rinde, indem die Siebröhren mehr und mehr verschwinden und statt ihrer Gruppen wunderbar verzweigter, stark verdickter und verholzter Zellen auftreten, die wahrscheinlich aus, oder vielmehr in ihnen entstanden sind. Die Zellen der Mark-

Fig. 136.

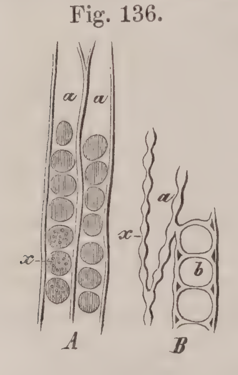


Fig. 136. *A* Theil zweier Siebröhren von Larix europaea (*a a*), welche durch Maceration isolirt wurden; *x* die Siebpore, welche, wie *B*, eine Partie des tangentialen Längsschnittes, zeigt, einer wirklichen Pore entspricht, indem sie keinen Tüpfelraum, dagegen auf der schon verdünnten kreisförmigen Fläche (*x*) noch zahlreiche sehr feine Poren besitzt; *a* Siebröhren; *b* Markstrahlzellen (150 mal vergröfsert).

strahlen, welche die Bastbündel von einander trennen, haben sich derweil vergröſsert und vermehrt, desgleichen ist auch die primäre Rinde mit ihren Organen gewachsen, so daſs die Harzgänge in derselben tangential sehr erweitert sind; ebenso ist das alles umhüllende Periderma in gleicher Weise ausgedehnt worden. — In der Wurzel geht die hier beschriebene Veränderung der Rinde, wie es scheint, etwas früher vor sich, alle Zellenarten sind dort weiter; die Wurzelrinde enthält zur Herbstzeit mehr Stärkmehl als die Rinde des Stammes. — Bis zum siebenzigsten oder achtzigsten Jahre bleibt die Rinde der Tanne in der Regel glatt und zeigt auf ihrer röthlich- oder bläulich-weiſsen Oberfläche meistens noch die Narben der abgefallenen Nadeln und häufig neben diesen zerstreute Korkwarzen (Lenticellen). Hier und da findet man auch Harzbeulen, d. h. runde Erhebungen, welche sich gegen einen mäſsigen Druck elastisch verhalten und geöffnet ein weiſses dickflüssiges Harz entlassen. Die Harzgänge solcher Rinden sind jetzt in der Regel unkenntlich geworden und das Harz hat sich in gröſsere Zellenlücken, in jene Harzbeulen, gesammelt. — Auf demselben Waldreviere sieht man oftmals neben einander Tannen gleichen Alters, deren Rinde ein durchaus verschiedenes Ansehen zeigt. Der eine etwa hundertjährige Baum hat seine glatte Rinde bewahrt, während der andere eine rissige Rinde erhalten und Borkenschuppen von unbestimmter Gröſse und Gestalt gebildet hat. Die glatten Stämme werden von den Holzhauern als Glastannen unterschieden. Die Borkenschuppen, welche nicht abfallen, sind durch ihren nicht abblätternden Lederkork mit einer glatten weiſsen Oberfläche versehen, während die viel kleineren, mehr abgerundeten schildförmigen Borkenschuppen der Fichte jederzeit noch mit kleinen abblätternden Periderma-Schüppchen bedeckt sind.

Die Borke entsteht hier, wie überall, durch eine in das Gewebe der Rinde selbst eindringende Korkbildung. Der Theil, welcher auſserhalb der entstandenen Korkschicht liegt, muſs in Folge dessen absterben. Die uralten, 400- bis 700jährigen Tannen des Wurzelberges*) haben sämmtlich Borke gebildet; die jüngeren Tannen desselben Standortes besitzen dagegen eine glatte Rinde. Die Borkenbildung scheint bei dem einen Baum früher, bei dem anderen später einzutreten, ohne daſs wir bis jetzt die Ursachen dieser Verschiedenheit enträthseln können. Die Glastanne läſst sich von der Tanne, welche frühe Borke bildet, nicht weiter unterscheiden. — Das Periderma der Tanne besteht aus mäſsig verdickten, mit einem gelbbraunen Stoff erfüllten Zellen, es bildet sich von innen her allmälig nach, während es nach auſsen eben so allmälig, ohne abzublättern, verwest. Das weiſse Ansehen der Tannenrinde wird durch die äuſseren, bereits abgestorbenen, Luft führenden Periderma-Schichten bedingt. — Die frische Tannenrinde ist im Innern gelblich gefärbt und wird an der Luft bräunlich; die Wurzelrinde ist schon im frischen Zustande röthlich braun gefärbt. Die

---

*) Vergl. den Abschn. X.

Rinde der ältesten von mir untersuchten Stämme (etwa 400jährig) war mit der Borke kaum einen Zoll stark. — Die Tannenrinde ist zum Gerben brauchbar, sie enthält reichlich Krystalle, demnach viel mineralische Stoffe (pflanzensaure Kalksalze). Auf der glatten Tannenrinde hält sich in gesunden Beständen selten ein Moos, noch seltener eine Flechte; auf der gerissenen Rinde älterer Bäume finden sich dagegen an feuchten oder sonst ungünstigen Standorten Schmarotzerpflanzen mancherlei Art. Aus der Tannenrinde wird ein feiner Terpenthin gewonnen; man erklettert die Bäume und entleert ihre Harzbeulen.

Die Rinde eines ganz jungen Fichtenzweiges (Picea vulgaris Link) ist mit einer Obhut bekleidet, welche bald mit einigen unter ihr liegenden Zellenschichten abstirbt, weil im Gewebe der ursprünglichen Rinde sehr frühe ein Periderma entsteht. Die Harzgänge bilden sich, wie bei der Tanne, frühzeitig, dagegen fehlen die dort vorhandenen, mit Schleim erfüllten gröſseren Zellen. In der secundären Rinde entstehen, wie bei der Tanne, vermittelst des Cambiumringes durch Bastparenchym getrennte Siebröhrengruppen, von Markstrahlen durchsetzt. Etwa im achten oder im zehnten Lebensjahre verschwinden die Siebröhren in den älteren Theilen allmälig, um kurzen stark verdickten und verholzten Zellen Platz zu machen, die genau die Stellung einnehmen, welche die verzweigten und verholzten Zellen der Tanne innehalten; sie erscheinen, wie vormals die Siebröhren, in welchen sie entstanden sind (?), gruppenweise angeordnet. Sobald sich Borke bildet, was bei der Fichte im dreiſsigsten oder vierzigsten Jahre des Astes zu geschehen pflegt, fehlen der thätigen Rinde die senkrechten Harzgänge, weil der ursprüngliche Theil, welcher dieselben enthält, alsdann abgestorben ist. Die Borkenbildung dringt darauf immer weiter nach innen; in der Borke älterer Stämme oder Aeste findet man deshalb auſser dem abgestorbenen Rindenparenchym die verholzten, gruppenartig angeordneten Zellen, welche als gelbe Flecke in der braungefärbten Borke sowohl auf dem Quer- als auf dem Längsschnitt schon mit unbewaffnetem Auge sichtbar sind und in dieser Weise bei den anderen Nadelhölzern nicht vorkommen. Das Periderma der Fichte, welches die Bildung der Borke veranlaſst, ist dem glatten Lederkork der Tanne kaum vergleichbar und entspricht weit mehr dem Periderma der Kiefer; seine Oberfläche blättert ab, indem es kleine Schuppen bildet. Die runden oder schildförmigen Borkenschuppen der Fichte sind deshalb immer von kleinen, über einander liegenden, häutigen Schuppen bedeckt und unterscheiden sich hierdurch wesentlich von der Tanne. Die Fichtenrinde ist frisch geschält, biegsam und läſst sich vortrefflich zur Bekleidung von Hütten verwenden; aus ihr verfertigt man gleichfalls die groſsen Behälter, in welchen das rohe Fichtenharz gesammelt wird; sie wird ferner zum Gerben vielfach verwendet (Fig. 137).

Die Oberhaut des jungen Kiefernzweiges (Pinus silvestris) stirbt, wie bei den anderen Nadelhölzern, frühe ab; die senkrechten Harzgänge

liegen auch hier in der primären Rinde; vom Verdickungsringe aus entstehen, wie dort, Siebröhrenbündel durch Markstrahlen getrennt und ist das Bastparenchym, welches die Siebröhren umgrenzt, wie bei der Tanne und Fichte mit schön ausgebildeten Krystallen erfüllt. Die Siebröhren sind auch hier weich und wie bei allen Nadelhölzern gebaut, sie verändern sich aber nicht weiter, vertrocknen vielmehr bei der zeitig eintretenden Borkenbildung, ohne dafs in ihnen Tochterzellen entstehen. Die verholzten Zellen der Tannen- und Fichtenrinde fehlen hier deshalb. Die primäre Rinde stirbt sehr frühe ab und mit ihr verschwinden die senkrechten Harzgänge. Das Periderma entwickelt sich schichtenartig und zwar so, dafs eine aus mehreren Zellenlagen bestehende Schicht sich stark verdickt, während die andere zartwandig verbleibt. Die verdickten Zellen aber greifen sternförmig in einander (Fig. 12. S. 18). Die stark verdickte Schicht des Periderma zieht sich darauf beim Austrocknen anders als die ihr folgende zartwandige Schicht zusammen, wodurch sich beide von einander trennen und das Periderma, welches häufig Krystalle enthält, schichtenweise abblättert. — Der untere Stammtheil einer alten Kiefer ist in der Regel schwärzlich gefärbt und von zahlreichen Borkenschichten bedeckt, während der höhere Theil des Stammes, desgleichen die Aeste rostfarben erscheinen und häutig geflügelte, rothbraune oder gelbe flache Borkenschuppen nach einander von ihnen abblättern. Die Gestalt der letzteren ist eigen-

Fig. 137.



Fig. 137. Stamm der Fichte (Picea vulgaris Link).

thümlich, sie bilden niemals geradeckige Formen und zeigen sich an alten Stämmen in der Regel am schönsten. Die Kiefernborke ist durch ihre zahlreichen flachen Schichten, in welchen niemals verholzte Bastzellen vorkommen und durch den pergamentartigen Peridermarand ihrer Borkenschuppen ausgezeichnet. Die kleinen Peridermaschüppchen der Fichte fehlen derselben. Die Rinde ist zum Gerben wenig brauchbar (Fig. 138).

Fig. 138.



Die Rindenbildung der Lerche (Larix europaea) ist der Kiefer ähnlich. Die senkrechten Harzgänge der primären Rinde gehen schon sehr frühe mit der Oberhaut verloren, zu ihrem Ersatz bilden sich aber später, sowohl im Stamm als auch in der Wurzel runde oder längliche Harzlücken, welche den vorigen von mir untersuchten Nadelhölzern fehlen, aber nach v. Mohl noch bei Abies sibirica und Pinus Strobus, desgleichen nach meinen Untersuchungen bei Araucaria brasiliensis vorkommen. Die Bildung der secundären Rinde erfolgt wie bei der Tanne, Fichte und Kiefer; auch die Peridermabildung entspricht derselben, die verdickten Zellen des Lederkorkes greifen wie dort sternförmig in einander; das Periderma dringt jedoch nicht so rasch und nicht so tief in das Innere der Rinde. An der Grenze der primären Rinde finden sich im älteren Zweige vereinzelt verzweigte und verholzte Zellen, wie bei der Tanne. Derartige Zellen bilden sich später nicht mehr, dagegen entwickeln sich einige der bis zum achten oder zehnten Jahre nicht verholzten Siebröhren zu langen, stark verdickten und verholzten, nicht verzweigten Zellen, welche den bekannten Bastzellen der Chinarinde ähnlich sind. Die Borkenschuppen der Lerche, in der Regel nicht wie bei der Kiefer durch einen Peridermarand geflügelt, charakterisiren sich mikroskopisch durch die Anwesenheit dieser vereinzelt auftretenden, langen, verholzten und nicht verzweigten secundären Bastzellen. Mit schön ausgebildeten Krystallen erfüllte Zellen begleiten, wie bei den anderen Rinden, die jugendlichen Siebröhrenbündel und finden sich auch später in der Borke wieder. Die letztere blättert nicht so leicht wie bei der Kiefer vom Stamm; die Innenseite einer abgelösten Borkenschuppe ist schmutzig rosenroth gefärbt. Die Rinde nicht zu alter Stämme wird zum Gerben und Blaufärben benutzt.

Fig. 138. Der untere Theil eines Kiefernstammes (Pinus silvestris).

Die Rinde der Taxus-, Cupressus- und Podocarpus-Arten verhält sich durchaus anders, sie bildet statt der Siebröhrenbündel abwechselnd concentrische einzellige Reihen von Siebröhren und wirklichen Bastzellen, welche durch mehrere Reihen vom Bastparenchym getrennt sind. Bei Taxus scheinen sich die stark verdickten und verholzten Bastzellen erst nach einigen Jahren zu entwickeln, auch häufig die Ausbildung derselben zu unterbleiben, so dafs die Bastreihen lückenhaft werden, während bei Podocarpus und Cupressus diese Reihen früher auftreten und vollzähliger entwickelt sind. Die Markstrahlen durchsetzen diese Reihen. Araucaria und Wellingtonia haben eine ähnlich gebaute Rinde und sind in der Borke der letzteren die vertrockneten und braun gewordenen Siebröhren besonders deutlich.

Die regelmäfsige Anordnung der durch den Verdickungsring entstandenen secundären Rinde läfst bisweilen scheinbar in den nachgebildeten Bastlagen Jahresperioden vermuthen, allein die Zahl der Jahresringe des Holzes harmonirt niemals mit diesen scheinbaren Jahresringen der Rinde, weil die letztere in demselben Sommer mehrere solcher Lagen bildet. Der Eibenbaum (Taxus) wirft seine alte Rinde als dünne Borkenblätter ab*).

Wenden wir uns jetzt zu unseren Laubhölzern, denen sowohl im Holz als auch in der Rinde die Harzgänge fehlen**). Die primäre Rinde dieser Bäume unterscheidet sich von der secundären nur durch den Mangel der Markstrahlen, welche, wie bei den Coniferen, die nachgebildete Rinde durchsetzen und auch hier auf dem Längsschnitt in tangentialer Richtung, also gegen die Markstrahlen, denselben maschen- oder netzartigen Verlauf der Bastzellen, Siebröhren und des Bastparenchyms um dieselben zeigen, welchen wir im Holztheil des Gefäfsbündels kennen gelernt haben (Fig. 128. S. 180).

Die Eiche (Quercus pedunculata) behält oft viele Jahre lang einen glatten Stamm. Ich sah dreifsigjährige Eichen mit glatter, von einem nicht abblätternden Periderma bedeckter Rinde. Das letztere bildet sich dagegen schon in den ersten Wochen des jungen Zweiges unter der entweder haarlosen oder behaarten Oberhaut. In der secundären Rinde erscheinen dann alljährlich mehrere Reihen Bastbündel, die von Bastparenchym umgeben sind, welches grofse, schön ausgebildete Krystalle enthält; das Nahrungsgewebe und die Markstrahlen, welche die Rinde durchsetzen, führen Stärkmehl, das jedoch im Holzring noch reichlicher vorhanden ist. Wenn der Stamm oder Ast ein gewisses Alter erreicht hat, stellt sich die Borken-

---

*) Th. Hartig giebt in seiner Naturgeschichte der Forstgewächse eine sehr getreue Abbildung der Bastreihen in der Rinde des Eibenbaumes.

**) Bei Myrsine canariensis und bei Kleinia nereifolia erscheinen in der primären Rinde Organe, die ganz wie Harzgänge gebaut sind, von denen ich aber nicht weifs, ob sie Harz oder Gummi enthalten. Auch die Gummigänge der Cacteen, der Adansonia und des Bombax sind den Harzgängen ähnlich.

bildung ein. Im Parenchym der Rinde selbst entwickelt sich ein Periderma und alle aufserhalb desselben liegenden Rindentheile sterben ab; das Parenchym färbt sich braun, der Inhalt desselben schwindet und die Bastzellen selbst erscheinen jetzt verholzt und gelb gefärbt. Die Borke der Eiche erhält zwar tiefe Längsrisse, sie löst sich aber dennoch nicht vom Stamme; den alten Baum bekleiden deshalb dicke Borkenschichten (Fig. 139).

Fig. 139.



Die Eichenrinde wird für den Gerber sehr wichtig. Der Wurzelausschlag wird zunächst als Schälholz benutzt; man schält die Rinde der zwölf- bis funfzehnjährigen Aeste im Frühling, wo sie den meisten Gerbstoff besitzen.

Die Rinde der Buche (Fagus silvatica) bildet niemals Borke. Die primäre Rinde ist nur schmal; unter der mit einzelligen, langen Haaren und Spaltöffnungen versehenen Oberhaut der jüngsten Zweige entsteht sehr frühe ein Periderma. Jedes ursprüngliche Gefäfsbündel des jungen Zweiges

Fig. 139. Stamm einer uralten Eiche.

bildet ein auf dem Querschnitt halbmondförmiges Bastbündel, dessen Zellen bald verholzen. Später wird kein eigentlicher Bast mehr nachgebildet; das Cambium der Gefäſsbündel, welches im Verdickungsringe liegt, verwendet überhaupt bei der Buche seine Hauptthätigkeit auf die Bildung des Holzes, die Rinde bleibt deshalb nur schmal, dagegen für die ganze Dauer des Baumes lebensthätig. Wenn sich der Stamm durch Bildung neuer Jahresringe verdickt, so dehnt sich dem entsprechend auch die Rinde und die zuerst gebildeten Bastbündel werden durch Zellen, welche sich zwischen ihre Bastzellen schieben, gewissermaſsen in kleinere Gruppen zersprengt. Die sich zwischen die Bastzellen drängenden weiteren, aber kurzen Zellen verholzen darauf sehr bald und zwischen letztere schieben sich bei fortwährendem Dickenwachsthum des Stammes immer neue Zellen ein, welche wiederum zum Theil verholzen. Das Periderma, welches die Rinde begrenzt und das aus tafelförmigen, ziemlich verdickten Zellen besteht, bildet sich, während es von auſsen her, wie bei der Tanne, ganz allmälig abstirbt, von innen her weiter; die Rinde bleibt deshalb beständig glatt. Einschnitte in dieselbe gemacht, vernarben sehr bald und jede Verwundung des Stammes überwallt viel leichter als bei anderen Bäumen. Die nicht verholzten Zellen der Rinde enthalten Blattgrün, auch hier und da kleine Krystalldrusen, während sich in der Nähe der Bastbündel gröſsere Krystalle finden. Die Rinde, selbst der ältesten Bäume, ist im Verhältniſs zum Holz nur sehr schmal und ihrer verholzten Zellen halber hart und brüchig. Die erste Bildung des Periderma erfolgt in allen Stammtheilen unmittelbar unter der Oberhaut, in der Wurzel dagegen etwa in der Mitte der primären Rinde, welche deshalb bei der Wurzel frühe abgeworfen wird, am Stamm dagegen durch das ganze Leben des Baumes verbleibt (Fig. 140).

Fig. 140.



Fig. 140. Der walzenförmige Stamm der Rothbuche (Fagus silvatica).

Die Rinde der ächten Kastanie (Castanea vesca) gleicht der Buche wenig, sie bildet Bastbündel nach und erzeugt späterhin Borke.

Die Hainbuche (Carpinus Betulus) besitzt eine glatte, der Buche äuſserlich sehr ähnliche Rinde, die ebenfalls keine Borke bildet und auch nur schwachen Nachwuchs hat, dagegen, wenngleich sehr

unregelmäſsig, Bastzellen nachbildet. Ihr Periderma entspricht der Buche, der Stamm bleibt für das ganze Leben glatt, wird aber durch vermehrte Holzproduction an bestimmten Stellen, welche streifenartig abwärtslaufen und mit der Astbildung zusammenhängen „spannrückig“ während die Rothbuche einen walzenförmigen Stamm behält.

Die Oberhaut der jungen Birkenzweige (Betula alba) ist mit einzelligen Haaren bekleidet und mit Spaltöffnungen versehen; unter derselben bildet sich schon in den ersten Wochen das für die Birke eigenthümliche Periderma, wodurch die Oberhaut in der Regel schon im ersten Sommer abgeworfen wird. Zahlreiche Harzdrüsen bedecken als kleine weiſse Erhebungen den jungen Zweig (Fig. 30. S. 31) und ist der Stockausschlag insonderheit mit ihnen übersäet. Diese Harzdrüsen durchbrechen das Periderma, sie dauern nur einen Sommer, hinterlassen dagegen kleine braune Flecken, sogenannte Lenticellen, welche durch einen Korküberzug geschützt, mit der Rinde wachsen und deshalb alljährlich breiter werden. —

Fig. 141.



Fig. 142.



Das Periderma der Birke bildet abwechselnd stärker und schwächer verdickte Schichten; während die älteren Schichten absterben, entstehen von innen her neue, die absterbenden Schichten aber blättern von einander. Die sehr schwach verdickte, meistens ungleich breitere Schicht

Fig. 141. Mittelstamm der Birke (Betula alba) vor der Borkenbildung.
Fig. 142. Stamm der Birke mit Borkenbildung.

führt Luft und erscheint deshalb weifs, die stärker verdickte, gelblich gefärbte und mit braunem Inhalt erfüllte Schicht tritt dagegen braun gefärbt in die Erscheinung, weshalb nach der zufälligen Weise des Abblätterns und nach dem Grade der Ausbildung des Periderma, der Birkenstamm hier eine weifse und dort eine braune Rinde zeigt. Das Periderma bildet sich durch eine Reihe von Jahren nur an der Oberfläche fort, dringt aber später unregelmäfsig nach innen, worauf der bis dahin glatte Stamm tiefe Risse bekommt und eine Borke erhält, welche durch das Periderma, das sie bedeckt, immer eine glatte, meistens weifse Oberfläche bewahrt, während sich die Risse, durch die Verwesung der abgestorbenen Rindenzellen, schwarz färben (Fig. 141 u. 142). Die Birke bildet, wie die Buche, nur einmal wirkliche langgestreckte Bastzellen, welche in Gruppen auftreten; später entstehen nur Gruppen stark verdickter und verholzter, kurzer Zellen. Das Periderma brennt mit heller Flamme und ist zum Anzünden wie der Kienspahn brauchbar. Die Birkenrinde ist wegen ihres Harzgehaltes fast unveränderlich; man benutzt sie in Rufsland zu Fackeln, auch wird der Birkentheer aus ihr gewonnen. Das Periderma dient zur Anfertigung von Dosen u. s. w.

Der Kirschbaum (Prunus cerasus) besitzt ein der Birke ähnliches, abblätterndes Periderma; in der Rinde bildet sich statt des Harzes Bassorin (das sogenannte Kirschgummi).

Fig. 143.



Fig. 143. Stamm der Erle (Alnus glutinosa).

Die Erle und der Haselstrauch (Alnus glutinosa und Corylus Avellana), deren Holz so ähnlich gebaut ist, zeigen auch in der Rinde grofse Uebereinstimmung; beide bilden im ganzen Umkreis nur einmal Bündel verholzter Bastzellen, während sich später die Bastbildung nur an denjenigen Stellen, wo im Holzring (S. 199) die Gefäfse fehlen wiederholt. Die Erle erhält später eine rissige Borke; ihre Rinde wird zum Gerben benutzt (Fig. 143).

Die Rinde der Pappel (Populus nigra) und der Weide (Salix fragilis) bildet alljährlich neue Bastbündel, die von einem Parenchym, das grofse Krystalle enthält, umgeben sind. Eine Periderma bekleidet die Rinde; später stellt sich Borkenbildung ein. Die Ulme (Ulmus campestris) verhält sich ähnlich, doch erfolgt die Ausbildung der angelegten Bastzellen sehr

unregelmäſsig. Auch die Esche (Fraxinus excelsior) bildet fortdauernd Bastbündel. Die Rinde der Weiden- und Pappelarten enthält ein eigenthümliches Alkaloid (das Salicin), welches früher, als Ersatz des Chinins, gegen Fieber angewendet wurde. Ihr Stamm wird sehr leicht hohl (Fig. 144).

Fig. 144.



Das alljährliche Fortwachsen der Rinde vermittelst des Verdickungsringes zeigt sich am schönsten an der Linde (Tilia grandifolia und T. parvifolia), deren Stamm lange glatt bleibt und erst später Borke bildet. Während der Holztheil jedes ursprünglichen Gefäſsbündels in der Markscheide endigt, verliert sich der Basttheil desselben in der primären Rinde (Fig. 74. S. 95). Ein vergröſserter Querschnitt zeigt die Zerklüftung der ursprünglichen Gefäſsbündel durch später entstandene Markstrahlen und ein Längsschnitt gegen dieselben geführt (tangential), beweist, daſs letztere, als Fortsetzung der Markstrahlen im Holzring, die secundäre Rinde durchsetzen. Die Bastzellen der Linde schlingen sich, den Holzzellen und den Gefäſsen ähnlich, um die Markstrahlen. Beim Baobab und den Bombax-Arten ist die Rindenbildung fast ebenso, indem auch hier jedes primäre Gefäſsbündel auf dem Querschnitt ein gleichschenkliches Dreieck darstellt, dessen Spitze die innere Grenze der primären Rinde berührt. Der Bast, mit welchem die Cigarren zusammengebunden werden, ist Lindenbast, der von Ruſsland nach Amerika gesendet wird; er zeigt das Verhältniſs der Bastbündel zu den Markstrahlen schon mit bloſsem Auge auf das Deutlichste; die maschenartigen Lücken in diesen Bastschichten bezeichnen nämlich die Stellen, wo Markstrahlen die Rinde durchsetzt haben. Dieser

Fig. 144. Ein hohler Weidenstamm (Salix alba).

Bast wird, gleich dem Flachs, durch Fäulnifs unter Wasser gereinigt, wodurch die concentrischen Bastschichten bandartig auseinanderfallen. Der Lindenbast findet noch zu mancherlei Zwecken, z. B. in der Gärtnerei, beim Verbinden der Pfropf- und Oculirwunden (S. 123), ferner zur Anfertigung von Matten, Schuhen, Decken und Stricken Verwendung (Fig. 145).

Fig. 145.



Die Rinde des Weinstockes (Vitis vinifera) bildet alljährlich mehrere, in der Regel drei bis vier, durch Parenchymschichten getrennte Bastlagen. Der in einem Jahre entstandene Theil der Rinde stirbt schon im darauf folgenden Jahre wieder ab, weshalb die Rinde mit dem Alter des Stammes nicht an Dicke zunimmt. Das zerfaserte Ansehen des älteren Weinstockes beruht auf der faserigen, durch die Bastschichten hervorgerufenen Beschaffenheit seiner Borke.

Die Platane (Platanus occidentalis) wird durch flache, abgerundete, der Kiefer ähnliche Borkenschuppen charakterisirt, deren Rand jedoch niemals, wie dort, geflügelt ist. Die Rinde entwickelt nur einmal Bastbündel, welche, wie bei der Buche, allmälig auseinander geschoben werden, dazu entstehen bandförmig angeordnete Gruppen stark verholzter Zellen, welche dem Querschnitt der braun gefärbten Borke das zierlich bandartige Ansehen verleihen. Die Borke ist holzig, ihr Periderma bleibt glatt, es besteht aus stark verdickten Zellen.

Die Rinde des gemeinen Ahorn (Acer campestre) endlich wird von einer dem Bouteillenkork entsprechenden, sehr elastischen Korkart bekleidet, welche dem älteren Zweige oder Stamme ein eigenthümliches Ansehen verleiht. Dieser Kork ist, wie das Periderma der Birke, schichtenweise angeordnet; seine zartwandigen, elastischen Zellen reifsen dagegen beim Austrocknen nicht membranartig aus einander, der Kork des Ahorns blättert deshalb nicht ab; er ist dehnbar, bekommt jedoch sehr tiefe Längsrisse und unter seinem Schutz wächst die Rinde, welche auch späterhin Bastbündel bildet, weiter. Dem platanusblätterigen Ahorn (Acer platanoides)

Fig. 145. Stamm der Winterlinde (Tilia parvifolia).

fehlt diese stark wuchernde Korkhülle; seine Rinde bildet später eine abblätternde Borke (Fig. 146).

Blicken wir jetzt auf die näher besprochenen Rindenarten und auf den Zusammenhang ihrer äufseren Erscheinungsweise mit dem inneren Bau zurück, so sehen wir auch hier, wie beim Holz, grofse Uebereinstimmung neben grofsen Abweichungen.

Fig. 146.



Die Rinde eines jeden jungen Stammes oder jedes jungen Zweiges ist von einer Oberhaut bekleidet, die im ersten Sommer abstirbt (bei allen von mir untersuchten Bäumen), weil sich entweder unmittelbar unter derselben, oder, wie bei allen Wurzeln, tiefer im Gewebe der ursprünglichen Rinde eine Kork- oderPeriderma-Schicht entwickelt. Nur bei der Mistel (Viscum album) bleibt die Oberhaut für das ganze Leben der Pflanze, bei dem naheverwandten Loranthus wird sie dagegen durch Periderma-Bildung abgeworfen; unsere Stechpalme (Ilex aquifolium) behält wiederum ihre Oberhaut mehrere Jahre; die Cacteen und sogenannten blattlosen Euphorbiaceen bewahren dieselbe gleichfalls sehr lange.

Die Gegenwart eines wahren Periderma bedingt die glatte Beschaffenheit der Rinde. So lange der primäre Theil der Rinde unter seinem Schutz fortlebt, zeigt der Stamm keine Risse und das Periderma wächst mit ihm. — Die Buche, Tanne und Birke, so wie alle Bäume, welche lange einen glatten Stamm bewahren, zeigen, wo ein Ast vom Stamm abgeht, eine Rindenfaltung, welche bei der Buche und Tanne ein sehr stumpfwinkliches, bei der Birke dagegen ein mehr spitzwinkliches Dreieck beschreibt. Diese Faltenbildung aber bezeugt das Fortwachsen des Periderma mit dem Stamme. Die Buche und Tanne tragen ihre Aeste fast

Fig. 146. Ein alter und ein jüngerer Stamm des Ahorn (Acer Pseudo-Platanus).

wagerecht, der Winkel in der Achsel des vom Stamme abgehenden Astes ist deshalb sehr stumpf und die durch die Ausdehnung des Periderma entstandene Narbe beschreibt einen flachen Bogen; während dieselbe Narbe bei der Birke, deren Aeste in einen spitzen Winkel vom Stamm nach aufwärts gehen, auch einen spitzen Winkel bildet. Die Dehnbarkeit oder das Fortwachsen des Periderma in der Breite zeigt sich ferner an der Stelle der Aeste, welche vormals Deckschuppen trugen; hier sind bei der Tanne, Buche, dem Kirschbaum u. s. w., den sehr verkürzten Stengelgliedern der abgefallenen Deckschuppen entsprechend, Querfalten sichtbar, nach welchen man, wie nach den Schuppenansätzen der Nadelhölzer, das Alter der Zweige zählen kann.

Bäume, deren Periderma-Bildung sich nur auf die Oberfläche der Rinde beschränkt, bilden niemals Borke und ihre primäre und secundäre Rinde bleibt für das ganze Leben thätig (bei der Buche und Hainbuche). Die Mehrzahl unserer Bäume behält dagegen nur für eine gewisse Reihe von Jahren eine glatte Rinde und später entsteht durch Periderma- oder Korkbildung im Innern derselben eine Borke, worauf der Stamm eine zerrissene, abgestorbene Aufsenrinde erhält. Als Beispiel gedenke ich der Fichte, der Kiefer, der Lerche, der Eiche, der Ulme (Fig. 147), des Kirsch-, Pflaumen- und Apfelbaumes, der Birke, der Erle, der Weide, der Pappel, des Ahorn, der Linde, der Acacie (Fig. 148) u. s. w. Ob die Tanne, welche oftmals 100 Jahre und darüber eine glatte

Fig. 147.



Fig. 147. Ulmenstamm (Ulmus campestris).

Rinde bewahrt, hierher zu rechnen ist, scheint mir noch zweifelhaft; sie nähert sich schon mehr der Buche und Hainbuche.

Nach der Art des Periderma richtet sich sowohl die Weise seines Lebens als die Art des Abwerfens der Borke durch diese Korkbildung. Wenn stark verdickte Periderma-Schichten mit schwach verdickten Schichten wechseln, so blättert das Periderma, wenn es trocken wird, indem es pergamentartige Bänder oder Flächen bildet, vom Stamme (bei der Birke und dem Kirschbaum). Wenn ein derartiges Periderma tiefer in die Rinde eindringt, so blättern Borkenschichten vom Stamme (bei der Kiefer und der Platane). Die Gestalt der Borkenschuppen aber richtet sich nach der Weise, in welcher die Periderma-Bildung erfolgt. Auch der Kork des Feldahorns besteht aus abwechselnden Schichten stärker und schwächer verdickter Zellen und der Bouteillenkork ist ähnlich gebaut; beide aber blättern nicht ab, weil der Gegensatz im Grad der Verdickung ihrer Schichten ein ungleich geringerer ist und überdies die Zellen des Korkes selbst sehr elastisch sind; eine solche Korkart läſst sich, wie bekannt, sehr stark zusammenpressen. Bei der Korkeiche (Quercus Suber) schält man den Kork, nach dem günstigen Standort, alle 7 bis 12 Jahre. Die jungen Bäume liefern noch keine gute Qualität, welche erst mit dem vierzigſten Lebensjahre gewonnen wird. Man schält die Korkeiche in Spanien im August, weil um diese Zeit die Rinde weniger saftreich ist und deshalb Verletzungen derselben nicht zu gefährlichen Wunden führen, welche im Frühjahr zu befürchten sind. Aus der Fortbildungsschicht des Korkes, welche die eigentliche Rinde umgiebt und die man das Korkcambium nennen kann, wächst dann die neue Korkhülle, welche durch dasselbe von innen her an Dicke zunimmt. Das

Fig. 148.

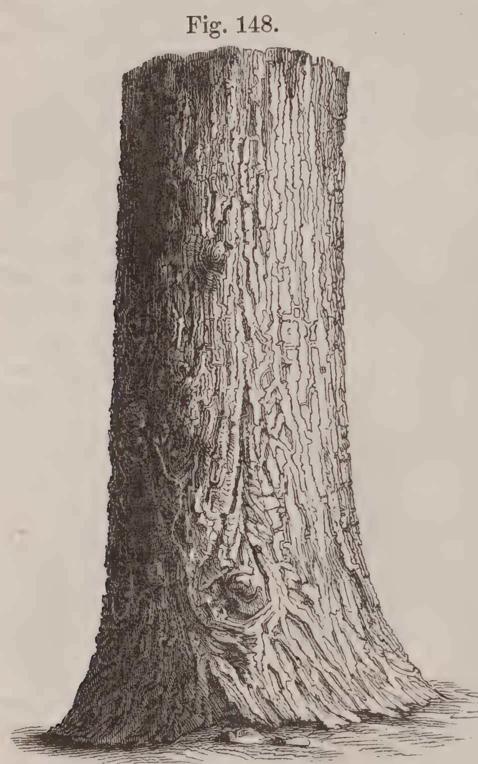


Fig. 148. Stamm der Robinie (Robinia pseudacacia).

Korkcambium aber darf bei dem Schälen nicht verletzt werden. Während Quercus Suber in Südspanien zu Hause ist, soll eine neue Korkeiche (Quercus occidentalis Gay) in Nordspanien, in Portugal und Südfrankreich den Kork liefern. Beide gehören zu den immergrünen Eichen und scheinen nur der Mittelmeerflora eigen *). Quercus Suber ist auf Madeira nicht einheimisch, wird aber vielfach in Gärten und Anlagen gezogen und erreicht dort eine Stammhöhe von über 80 Fufs, mit mächtiger malerischer Krone. — Alle Korkbäume scheinen keine Borke zu bilden. — Das Periderma der Tanne, Buche, Hainbuche, Eiche u. s. w. ist nicht geschichtet. Die drei erstgenannten Bäume bilden keine Borke und die letztere wirft ihre Borke nicht ab, desgleichen behalten die Pappel, Weide, Erle u. s. w. ihre tief gerissene Borke.

Ueber die Folge, nach welcher sich in der Bildungsschicht des Korkes neue Zellen bilden, die entweder direct zu Korkzellen oder zu Mutterzellen werden, hat Sanio ausführliche Untersuchungen gegeben und danach drei Arten der Korkentwickelung unterschieden: 1. eine centripetale Zellenfolge, wo die Bildung neuer Zellen durch Theilung in der nach innen gelegenen Reihe des Korkcambiums fortdauert; 2. eine centripetal-intermediäre Zellenfolge, wo die Zellenbildung in einer mittleren Reihe, dort aber centripetal fortdauert und 3. eine centrifugale Zellenfolge, wo die Neubildung in der oberen Reihe fortfährt**). Bei Mamillaria stellaris erfolgt die Korkbildung nach meinen Untersuchungen nicht so regelmäfsig.

Bäume mit glatter, borkenloser Rinde vernarben ihnen beigebrachte Wunden leicht; die Buche ist durch die Weise, in welcher sie grofse Verletzungen, z. B. den Stumpf ihr genommener Aeste überwallt, ausgezeichnet. Zeichen und Namen in die Rinde der Buche, Hainbuche, Linde und Tanne geschnitten, vernarben sehr schnell. Die Stämme und Zweige derselben Bäume verwachsen gleichfalls, wenn sie sich gegenseitig eine Wunde reiben, häufig mit einander. Verwachsene Buchen-, Linden- und Tannenstämme sind nicht selten (S. 120); in Lindenlauben oder Hainbuchenhecken sucht man nach verwachsenen Zweigen nie vergebens; verwachsene Kiefer-, Fichten- und Eichenstämme sind dagegen ungleich sparsamer. So lange der Baum oder Ast keine Borke bildet, ist seine ganze Rinde thätig, während, sobald eine Borkenbildung eingetreten ist, nur die inneren Theile der Rinde lebendig sind, woraus sich sowohl das leichtere Ueberwallen der Wunden, als auch die leichtere Verwachsung mehrerer Stämme oder Zweige mit einander für borkenlose Bäume erklärt.

Die Borke ist für den Baum selbst todt; ich bezweifele sogar, dafs sie dem unter ihr liegenden lebendigen Theil der Rinde zum Schutz gegen die Winterkälte in allen Fällen nothwendig ist, weil junge Zweige, welche noch keine Borke besitzen, alsdann im Winter erfrieren müfsten.

*) Man sehe Willkomm in den Tharander Jahrbüchern v. 1859. S. 138—152.

**) Sanio, Ueber den Bau und die Entwickelung des Korkes. Pringsheim's Jahrbücher II. Heft. I.

Ob Moos und Flechten die Borke bedecken scheint mir für den Baum gleichgültig; wenn dagegen Schmarotzerpflanzen auf der noch lebenden Rinde nisten, so können dieselben dem Baume selbst nachtheilig werden. Die glatte Rinde der Buche und Tanne zeigt an gesunden Bäumen kaum hier und da einen leisen Flechtenanflug und auf der trockenen Kieferborke erhält sich weder Moos noch Flechte; wenn aber dieselbe durch Wärme und Feuchtigkeit in Fäulnifs übergeht, so erscheinen derartige Gäste. Dumpfe und feuchte Bestände werden deshalb von ihnen zunächst heimgesucht und uralte Bäume, deren in Verwesung übergegangene Borke bereits Humusboden erzeugt hat, sind von Gästen thierischer und pflanzlicher Art vorzugsweise bewohnt. Die Flechte macht den Baum nicht krank, sie erscheint vielmehr erst, wenn er krank ist und lebt von den Zersetzungsproducten seiner Rinde. — So lange ein Stamm oder Zweig noch keine Borke gebildet hat, enthält seine Rinde, die frühe verloren gegangene Oberhaut abgerechnet, alle Theile, welche überhaupt in ihr vorkommen; mit der Borkenbildung geht aber jederzeit die primäre Rinde und bei längerer Fortdauer auch ein Theil der secundären Rinde verloren. Die Glastanne behält deshalb bis ins späte Alter ihre Harzgänge, welche bei der Fichte und Kiefer mit der ersten Borkenschicht verloren gehen, die Lerche aber bildet runde Harzlücken nach (S. 214).

Der primäre Theil der Rinde wird an der Wurzel aller von mir untersuchten Pflanzen schon sehr frühe abgeworfen; die Rinde der Wurzel unserer Nadelhölzer enthält deshalb keine Harzgänge und nur die Lerche und Araucaria bilden auch hier in der secundären Rinde die eben erwähnten Harzhöhlen. Die Rinde der Abies-, Pinus- und Larix-Arten erzeugt alljährlich, gewissermafsen schichtenweise, concentrisch angeordnete Siebröhrenbündel, welche eine Reihe von Jahren hindurch saftreich bleiben und nicht verholzen, sich dann aber nach der Baumesart verschieden verändern. Bei der Tanne entstehen in oder aus ihnen verzweigte und verholzte Zellen; bei der Fichte ersetzen ähnliche, aber seltener verzweigte, stark verdickte und verholzte, kurze Zellen deren Platz und bei der Lerche verholzen nur einige derselben, während bei der Kiefer sämmtliche Theile der älteren Rinde durch frühzeitige Borkenbildung absterben, ehe derartige Veränderungen eintreten können. Die Rinde der Taxineen und Cupressineen, desgleichen der Araucaria brasiliensis und der Wellingtonia gigantea entwickelt einzellige concentrische Bastreihen und ebenfalls concentrische Siebröhrenreihen. Aber auch bei den Laubhölzern erscheinen die Siebröhren, nur ist es zu schwierig, deren Stellung für jeden bestimmten Baum genauer anzugeben (S. 209).

Einige Pflanzen bilden nur einmal wirklichen B a s t, so bei der Buche und bei der Platane, ferner bei der Mistel (Viscum) und bei den Menispermum-Arten; bei der Erle und dem Haselstrauch aber ist vom zweiten Jahre ab die Bastbildung nur auf bestimmte Stellen der Rinde beschränkt. Andere Pflanzen erzeugen dagegen a l l j ä h r l i c h entwickelte Bastzellen,

welche meistens in Gruppen angeordnet sind (die Eiche, die Linde, die Hainbuche, der Ahorn, die Ulme und die Weide; selbst Loranthus ist nicht, wie die Mistel, auf eine einmalige Bastbildung beschränkt). — Die Bastbündel aller von mir untersuchten Pflanzen zeigen in ihrer unmittelbaren Umgebung Längsreihen kurzer Zellen, welche grofse Krystalle enthalten, deren Gestalt verschieden ist und die nach Sanio aus oxalsaurem Kalk bestehen und namentlich bei der Eiche, der Weide und der Pappel in grofser Menge vorhanden sind, bei der Kiefer aber auch im Periderma vorkommen. Das allgemeine und durchaus regelmäfsige Erscheinen dieser Krystalle in der nächsten Umgebung der Bastzellen und Siebröhren möchte auf die Function der letzteren einiges Licht verbreiten, indem es wahrscheinlich wird, dafs die gelösten Salze von denselben in jene Zellen ausgeschieden werden, hier aber keine weitere Beförderung finden und deshalb bei neuer Zufuhr in der gegebenen Flüssigkeit der Parenchymzellen nicht gelöst verbleiben können. Uebrigens kommen noch aufserdem bei vielen Bäumen im Parenchym und in den Markstrahlen der Rinde Krystalle oder Krystalldrusen vor.

Die Rinden, welche Borke bilden, verdicken sich, wie es scheint, ungleich stärker als diejenigen, welche keine Borke erzeugen. Die Tanne, Buche und Weifsbuche machen nur eine schwache Rinde. Diejenigen baumartigen Gewächse aber, welche, der Runkelrübe ähnlich, concentrische Gefäfsbündelkreise besitzen, sind, obschon bei ihnen, so viel mir bekannt ist, keine Borkenbildung eintritt, mit der schwächsten Aufsenrinde versehen, wofür ich die Phytolacca dioica, Ipomaea tuberosa, Cocculus laurifolius und die baumartigen Chenopodiaceen der Kirgisensteppe, welche mir von der Kaiserlich-Russischen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg zur Untersuchung übergeben sind, als Beispiele anführe.

Die Mehrzahl der Bäume enthält in dem äufseren Theil der thätigen Rinde, gleichgültig ob primärer oder secundärer Natur, Blattgrün, welches den inneren Theilen derselben mangelt und nur noch im Mark junger Zweige vorkommt. — Zur Herbstzeit findet sich fast in allen Rinden Stärkmehl, doch nicht bei allen Bäumen in gleicher Menge und zwar in der Wurzel mehr als im Stamme. Der Gerbstoff ist namentlich in der Rinde zu Hause, findet sich aber in dem einen Baum reichlicher als in dem anderen; die frische Rinde enthält im Frühjahr den meisten Gerbstoff, weshalb man die jungen Eichen nur zu dieser Zeit schält. Der Gerber benutzt zunächst die Eichen-, Erlen-, Fichten- und Tannenrinde; in Rufsland aber wird die Birkenrinde zum Gerben des Juchtenleders verwendet.

Die glatte Rinde der Zweige vieler Bäume und Sträucher ist mit kleinen braunen oder grauen Flecken, dle nach der Baumesart eine verschiedene Gestalt besitzen und die man Lenticellen (Korkwarzen) nennt, versehen, dieselben sind Wucherungen des Korkes an bestimmten Stellen der Oberfläche, welche die Oberhaut oder das Periderma des Zweiges durchbrechen. Wir finden sie an der Birke (S. 218), der Buche, dem Hol-

lunder u. s. w.; auch die Tannenrinde zeigt dieselben neben den Blattnarben hin und wieder.

Da ich alles, was aufserhalb des Verdickungsringes liegt, als Rinde bezeichne, so besitzt der Stamm und die Wurzel der Monocotyledonen, desgleichen der Stamm der Baumfarn, ebenfalls eine Rinde. Bei der Palme und beim Drachenbaum wächst dieselbe, den Dicotyledonen ähnlich, durch den Verdickungsring, sie verdickt sich aber in der Regel in geringerem Grade. Auch hier mufs man, wenn isolirte Bastbündel in der Rinde vorkommen (bei Pandanus, Chamaedorea, Phoenix), zwischen primärer und secundärer Rinde unterscheiden, obschon die Markstrahlen in der letzteren fehlen. Unter der Oberhaut entsteht eine Kork- oder eine Peridermabildung, die beim Drachenbaum (Dracaena Draco) eine bedeutende Stärke erreicht. In der Rinde dieses Baumes findet man keine Bastbündel. — Die in der Rinde verlaufenden Bastbündel der Palmen und des Pandanus entstehen aus Gefäfsbündelzweigen, welche schon an der Basis des Stammes über den Verdickungsring hinaustreten und deren Cambiumzellen nach und nach sämmtlich in Bastzellen umgewandelt werden, dieselben verzweigen sich ihrerseits, verlaufen senkrecht in der Rinde und treten mit den aus dem Innern des Stammes kommenden Gefäfsbündeln in das Blatt hinüber. Sie vermehren sich mit der Fortbildung der secundären Rinde. — Eine wirkliche Borkenbildung ist mir für monocotyledone Pflanzen nicht bekannt. — Beim Farnstamm, dessen Verdickungsring nur sehr kurze Zeit thätig bleibt, verdickt sich auch die Rinde späterhin nicht mehr; sie besteht aus Parenchym, welches im äufseren Umkreis derselben in der Regel stärker verholzt ist; senkrecht verlaufende Gefäfs- oder Bastbündel sind bis jetzt in dieser Rinde nicht beobachtet worden.

Während das Holz der Bäume und strauchartigen Pflanzen gewissermafsen das Skelett derselben bildet, ihnen Härte und Festigkeit gewährt, ein Theil seiner Zellen aber, die Gefäfs- und Holzzellen, zeitig absterben und nur das Holzparenchym und die Markstrahlen länger thätig verbleiben, dient die Rinde meistens mit allen ihren Theilen längere Zeit dem Leben der Pflanze. Die Rinde des jungen Zweiges mit einer frischen, dem Blatte entsprechenden Oberhaut bekleidet, nimmt, wie das Blatt, zu Anfang Luftnahrung auf, ja sie kann, wie uns die Cacteen und einige Euphorbiaceen beweisen, unter Umständen ganz den Dienst der Blätter vertreten. Die Oberhaut wird aber in den meisten Fällen frühzeitig durch Kork oder Peridermabildung unter ihr zerstört und damit die Aufnahme und Abscheidung tropfbarer oder dunstförmiger Stoffe aufgehoben, worauf die Blätter allein für atmosphärische Nahrung sorgen. — Das Nahrungsgewebe der Rinde verarbeitet die Stoffe anders als das junge, noch Saft führende Holz, seine Bastzellen liefern Producte, welche nur dieser Zellenart eigen sind, z. B. den Milchsaft der Gummibäume, welcher den Kaoutschouk und das Guttapercha liefert. Im Milchsaft anderer Pflanzen finden sich tödtliche Gifte, z. B. das Opium und das Strychnin, ja selbst das furcht-

bare Pfeilgift der Indianer, das Upas und Wurara-Gift, aus dem Milchsaft verschiedener Bäume (Euphorbia-, Strychnos- und Urtica-Arten) bestehend, entquillt den Bastzellen der Rinde. In der Rinde, in den Markstrahlen und im Holzparenchym des Splintes speichert der Baum unserer Zone zur Herbstzeit Nahrungsstoffe auf, weshalb die frische Rinde im Nothfall als Nahrungsmittel dienen kann, während aus der Borke das Stärkmehl verschwunden ist. Das Wild frifst nur die junge Rinde und verschmäht die Borke, die ihm keine Nahrung gewährt. Die frische Eichenrinde ist im Herbst und Winter besonders stärkmehlreich.

Während im Cambium und im jugendlichen Holztheil der Gefäfsbündel, demnach bei den dicotyledonen Bäumen zwischen Holz und Rinde, der von der Wurzel aufgenommene stickstoffreiche Saft, vermittelst Diffusion, nach aufwärts steigt, während die Markstrahlen eine wagerechte Saftverbindung der Rinde mit dem Mark oder mit dem Splint unterhalten, wird in der Rinde und zwar im Basttheil der Gefäfsbündel ein absteigender Saftstrom vermittelt. Die Erscheinungen an geringelten Aesten (S. 126), desgleichen folgende interessante Beobachtung von Göppert [1]), sprechen entschieden für das Abwärtssteigen des Saftes in der Rinde. An einem Lindenstamm, der muthwilliger Weise zum Theil entrindet worden, hatte ein Rindenlappen, welcher sowohl unten als seitlich vom Stamm getrennt, nur oben mit demselben verbunden geblieben, dessenohngeachtet fortdauernd neue Holz- und Rindenlagen gebildet, woraus erhellt, dafs sein Cambium, durch den abwärtssteigenden Saft in der Rinde ernährt, sowohl zur Holz- als Rindenbildung fähig blieb.

Das vollständige Entrinden eines Baumes tödtet denselben; die Eiche schält man häufig, ehe man sie fällt und der Stamm wird alsbald dürre. Das partielle Entrinden oder das Ringeln wird dagegen an den Aesten schon eher vertragen (S. 126). Wenn man die eben geringelte Stelle sofort luftdicht, sei es durch Glas oder Koutschouk verschliefst und damit das Vertrocknen der Cambiumschicht verhindert, so erzeugt sich alsbald aus derselben eine neue secundäre Rinde, wofür Hartig und Trécul [2]) zahlreiche Versuche angestellt haben. Wenn man aber, wie es mein Freund Ratzeburg im vorigen Frühjahr versuchte, von der soeben entrindeten Stelle mit einem Tuche die noch nasse Cambiumschicht abwischt, so tritt auch bei dem besten Verschlufs keine Rindenerzeugung ein, welche, wenn das Cambium nicht entfernt wurde, niemals ausbleibt.

Wenn der Blitz an einem Baum hinabfährt, so geht er zwischen Holz und Rinde, indem er die letztere sammt dem Splint vielfach zersplittert. Der Blitzstrahl geht in der Regel nur an einer Seite hinab, theilt sich aber bei ästigen Bäumen nicht selten [3]).

---

[1]) Verhandlungen des schlesischen Forstvereins 1852. S. 355.

[2]) Th. Hartig, Naturgeschichte der Holzgewächse. — Trécul, Annal. des sciences naturelles 3. série. t. XIX u. XX.

[3]) F. Cohn, Ein interessanter Blitzschlag. Acta acad. L. C. XXVI. Pars I.

Das Dickenwachsthum des Stammes und der Zweige beruht, wie wir gesehen, auf der Fortbildung des Holzes und der Rinde durch das Cambium der Gefäſsbündel, welches bei unseren Bäumen mit dem Verdickungsringe zusammenfällt. Die Nahrung, durch welche diese Fortbildung ermöglicht wird, entnimmt der Baum der Luft und dem Boden. Ein Baum, der viele Zweige treibt, bildet deshalb auch einen stärkeren Holzring und eine stärkere Rinde als ein anderer mit wenig Zweigen. Die Holz- und Rindenbildung ist aber, wie es scheint, mehr oder weniger örtlich; unter jedem Hexenbesen (S. 118) entsteht eine starke Holzanschwellung; die Seite eines Baumes, welche mehr Aeste und Zweige als die andere Seite trägt, bildet gleichfalls mehr Holz und auch mehr Rinde (bei der Weiſsbuche, deren Stamm deshalb „spannrückig" ist) (S. 218); die Krone eines Baumes macht stärkere Holzlagen als der untere, astfreie Theil des Stammes, die Bäume des geschlossenen Bestandes haben deshalb einen säulenförmigen Stamm. Würden die jährlich entstehenden Holz- und Rindenlagen eines Baumes von dessen Gipfel bis zur Wurzel herab eine durchaus gleiche Breite besitzen, so könnte der Stamm unserer Bäume nicht, wie im angegebenen Falle, säulenförmig erscheinen, er müſste vielmehr kegelförmig werden. Bei der älteren Tanne ist die Stärke der Jahresringe im oberen Theile des Stammes mehr als bei anderen Bäumen in die Augen fallend; ihr gerader Stamm gleicht einer sich ganz allmälig verjüngenden Säule. Es scheint demnach, als ob ein mehr örtlicher Verbrauch der Nahrungsstoffe sowohl die Anschwellung unterhalb des Hexenbesens, als auch die stärkere Verdickung der Stammspitze veranlaſst. Oertlich vermehrte Ast- und Zweigbildung hat somit überall eine vermehrte Holz- und Rindenbildung zur Folge*).

Für die vom allgemeinen Typus der dicotyledonen Holz- und Rindenbildung abweichende Pflanzen, deren ich schon auf S. 102 gedachte, ist noch zu bemerken, daſs die concentrischen Ringe der Runkelrübe gewissermaſsen durch eine wiederholte Spaltung des Cambiumringes in zwei concentrische Schichten entstehen, zwischen welchen sich ein ächtes Nahrungsgewebe (Parenchym) entwickelt. Der innerste Ring ist der älteste, der äuſserste der jüngste. Die Bildung neuer Ringe beginnt aber, wenn die vorhergehenden noch nicht ausgewachsen sind; die äuſseren Ringe wachsen deshalb eine Zeit lang mit einander. Dasselbe scheint für die baumartigen Chenopodiaceen zu gelten. Bei diesen aber kommen nicht überall Ringe vor, indem die concentrische Spaltung der Cambiumschicht bei einigen nicht continuirlich, sondern nur lückenweise erfolgt, dazu ist der innere Theil des Stammes oftmals anders gebaut, als der äuſsere; einige besitzen

---

*) Bei einigen mehrere Zoll dicken Stammstücken von Calligonum densum und C. Pollini zeigen sogar einzelne Stellen des Umkreises noch beträchtlichen Holzzuwachs, während andere schon vor vielen Jahren zu leben aufgehört.

wie die Runkelrübe Markstrahlen, anderen fehlen dieselben[1]). Bei der Ipomaea tuberosa, einer tropischen Schlingpflanze, die schon in den Gärten Madeira's mehr als armstarke Stämme bildet und gleichfalls concentrische Holzkreise besitzt, kommt noch die merkwürdige, bis jetzt gar nicht beobachtete Erscheinung vor, dafs, nachdem der junge Zweig um ein ziemlich weites Mark einen vollkommen geschlossenen Holzring mit einreihigen, sehr langen Markstrahlen gebildet und in dieser Weise fortwachsend schon eine ziemliche Stärke erreicht hat, im Umkreis der ganzen Markscheide die Bildung einer secundären Rinde mit Markstrahlen, Siebröhren und Milchsaftgefäfsen eintritt, wodurch der geschlossene Holzring an drei oder vier Stellen unregelmäfsig gesprengt wird und sich das Rindengewebe der Markscheide mit demjenigen des innersten Holzkreises vereinigt. Diese merkwürdige, bei allen von mir in den verschiedensten Alterstadien untersuchten Zweigen vorkommende Erscheinung erklärt nun die wunderbaren Unregelmäfsigkeiten im Bau einiger Bignoniaceen-Stämme (B. Ungius), wo keine Markscheide mehr kenntlich und der Holzring zerrissen ist. Es treten aufserdem bei den Lianen die drei von mir auf S. 102 u. 103 beschriebenen Wachsthumstypen nicht selten mit einander combinirt in die Erscheinung (bei den Malpighiaceen, Bignoniaceen und Sapindaceen)[2]).

Aus den Nadelbäumen werden bekanntlich verschiedene Harze und zwar auf verschiedene Weise gewonnen. Die Lerche z. B. giebt das Lerchenharz oder den venetianischen Terpenthin, zu dessen Gewinnung in Südtirol im Frühjahr ein etwa einen Zoll starkes wagerechtes Bohrloch bis zum Mark in den älteren Stamm nahe dem Boden geführt und mit einem Holzstopfen verschlossen wird. Der während des Sommers in dieses Bohrloch abgeflossene Terpenthin wird dann im Herbst mit einem dazu bestimmten eisernen Instrument herausgeholt. Man macht in der Regel nur ein Bohrloch und zwar nach der bergabwärts gerichteten Seite und dient dasselbe für längere Zeit zum Sammeln des Harzes[3]). Am Thüringer Wald gewinnt man dagegen das Fichtenharz durch senkrechte, etwa fufslange und bis 2 Zoll breite Rinnen, welche mit einem sogenannten Scharreisen einige Fufs über dem Boden bis auf den Splint in den Stamm der älteren 80—100jährigen Fichte gerissen werden. In diesen Rinnen, welche man Lagten nennt und deren in der Regel drei im Umkreise des Stammes gerissen werden, sammelt sich im Sommer aus dem Splint das Harz, erhärtet dort an der Luft und wird im Herbst mit dem Scharreisen

---

[1]) Nach Hartig besitzen auch die Crassulaceen, Primulaceen, Caryophylleen, Nyctagineen u. s. w. keine Markstrahlen. Im Rhizom von Viola odorata kann ich sie ebenfalls nicht finden.

[2]) Ich hoffe in nächster Zeit eine ausführliche Arbeit über den Bau der dicotyledonen Stämme, welche vom allgemeinen Wachsthumstypus abweichen, liefern zu können.

[3]) v. Mohl, über die Gewinnung des venetianischen Terpenthins. Botan. Zeitung 1859.

herausgekratzt und vorläufig in grofse tonnenförmige Behälter aus Fichtenrinde gesammelt. Alle zwei Jahre wird im Frühling die Rinne von neuem angescharrt und weiter gemacht; sie wird dabei von selbst, weil der Stamm da, wo die Rinde und das Cambium fehlen, sich nicht verdicken kann, tiefer; auch werden bei sehr starken Stämmen aufser den drei zu Anfang gerissenen Lagten noch später einige neue gezogen. Ich sah Stämme, die über 80 Jahre lang auf Harzgewinnung benutzt wurden und deren Lagten deshalb sehr weit und tief erschienen. — Auf Tenerife und Gran Canaria gewinnt man das Harz der canarischen Kiefer, indem man nahe dem Boden flache Löcher in den Stamm haut, in welche sich das Harz ansammelt, diese Löcher aber werden von Zeit zu Zeit am Rande aufgefrischt. — Bei der Tanne, die im Holz kein Harz besitzt, wohl aber in der Rinde älterer Stämme weite mit Harz erfüllte Räume bildet, werden diese Harzbeulen zur Gewinnung des sogenannten Strafsburger Terpenthins geöffnet; doch wird am Thüringer Wald die Tanne kaum auf Harz benutzt. — Bei der Kiefer endlich entrindet man zur Theergewinnung (in Finnland) junge Stämme, sobald sie sich gereinigt haben und 4—8 Zoll Durchmesser besitzen, im Frühjahr zur Saftzeit vom Wurzelknoten bis zur Manneshöhe hinauf, doch mit der Vorsicht, dafs nach der Nordseite hin etwa ein Rindenstreifen von 3 Zoll Breite stehen bleibt. Im folgenden Frühjahr wird auch dieser Rindenstreifen abgelöst und der Stamm noch 3 Fufs höher aufwärts vollständig entrindet. So bleibt derselbe 2—3 Jahre stehen, wird trocken und das Harz sammelt sich in den entrindeten Theilen desselben, welche allein benutzt werden. Der Stamm wird darauf dicht am Boden geschlagen, in 2—3 Zoll starke Scheite zerspalten und in einer Theergrube, die einem Kohlenmeiler nicht unähnlich ist und einen Abflufs für das sich am Grunde sammelnde Pech besitzt, ausgeschwält*). — In Deutschland gewinnt man den Theer am liebsten aus dem an Harz sehr reichen Wurzelholz alter Kiefern, deren Stöcke man in der Erde absterben läfst, wobei sich nach Pfeil, während die äufseren noch saftreichen Theile, der Splint, verfaulen, das Harz in die inneren Theile, ins Kernholz, zurückzieht, welches alsdann zum Schwälen in Theergruben oder Theeröfen verwendet wird, wobei aufser dem Theer und der Kohle noch Holzessig und Terpenthinöl gewonnen werden**).

Die verschiedene Weise der Harzgewinnung nach den verschiedenen Bäumen beruht, meiner Ansicht nach, mit Ausnahme der Tanne, die keine Harzgänge im Holz besitzt, zum Theil in der Structurverschiedenheit des letzteren, indem sich die Kiefer durch den Bau ihrer Markstrahlen von der Fichte und Lerche wesentlich unterscheidet, zum Theil aber auch in der Beschaffenheit des Harzes selbst, welches bei der Lerche am dünnflüssigsten, bei der Fichte schon dicker und bei der Kiefer am dicksten

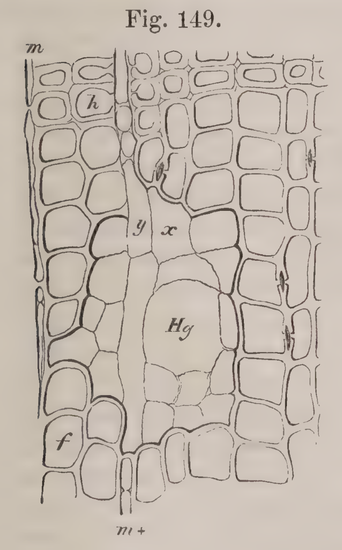
---

*) v. Berg, über die Wälder Finnlands. Tharander Jahresbericht 1859.

**) Pfeil, Forstbenutzung und Forsttechnologie. Zweite Aufl. S. 326.

ist, dazu bei den beiden letzteren an der Luft ziemlich schnell erhärtet. Wird doch von der canarischen Kiefer auf ähnliche Weise als von der Fichte Harz gewonnen. In allen Fällen aber scheint sich das Harz vorzugsweise in die unteren Theile des Stammes uud in die Wurzeln, in welchen es schon ursprünglich reichlicher vorhanden ist, zu sammeln, während doch selbst die höchst gelegenen Zweige Harzgänge besitzen und deshalb gleich den tiefer gelegenen Theilen des Stammes Harz erzeugen. Es scheint also, als ob das noch dünnflüssige Harz, vermöge seiner Schwere, in den senkrechten Harzgängen abwärts fliefse. Auch zieht sich dasselbe namentlich bei der Kiefer überall dahin, wo eine Wunde oder absterbende Stelle vorhanden ist, desgleichen füllt sich das Kernholz bei seinem Absterben mit Harz. Einige haben deshalb die Harzbildung selbst für eine Krankheit gehalten, was sie keineswegs ist, und Andere gar beim Verkienen *) eine Umwandlung des Holzstoffes der Holzzellen im Harz vermuthet, was ebenso unrichtig ist. Beim stark verkienten Holze, sowohl von Pinus silvestris als von P. canariensis, sind sämmtliche Zellen ohne Ausnahme, das Herbstholz so gut als das Frühlingsholz, desgleichen beiderlei Markstrahlzellen, mit festem Harz angefüllt, das sich durch Alkohol entfernen läfst, worauf die Zellen des Holzes unverändert, sowie sie vor dem Verkienen waren, zurückbleiben. Das Harz kann sich also nur aus den Nahrungsstoffen, welche in den zartwandigen Zellen, die den eigentlichen Harzcanal umgeben, angehäuft sind, und durch die Markstrahlen immer neue Zufuhr erhalten, bilden. Die Harzerzeugung kann also auch nur so lange dauern, als die Markstrahlen thätig sind; deshalb wird der abgestorbene Kiefernstock, wie Pfeil sehr richtig bemerkt, die Menge seines Harzes nicht vermehren, wohl aber kann sich das letztere vom Umkreis nach der Mitte des Stammes zurückziehen.

Fig. 149.



Um nun zu verstehen, warum sich das ältere Holz gewisser Nadelbäume von Jahr zu Jahr mehr mit Harz anfüllt, müssen wir den Bau desselben etwas näher betrachten, wozu ich die Kiefer mit gröfstem Harzgehalte wähle. Hier, wie bei den anderen Coniferen,

Fig. 149. Querschnitt aus dem Splint der Kiefer. *f* Das Frühlingsholz; *h* der Uebergang zum Herbstholz; *m* ein Markstrahl, der neben dem Harzgang verläuft; m^+ ein solcher, der ihn durchsetzt; *Hg* der Canal des Harzganges; *x* eine der zartwandigen Zellen, welche das Harz aussondern; *y* eine solche Zelle, dem Markstrahl angehörig (200 mal vergröfsert).

*) Verkienen des Holzes heifst sich mit Harz anfüllen.

liegen die senkrechten Harzgänge im Holze immer so, daſs sie mindestens einen Markstrahl seitlich berühren; häufig geht sogar der letztere durch den Harzgang, wenn man als solchen, auſser dem centralen Hohlraum, noch die zartwandigen, ihn umgebenden Zellen betrachtet. In diesem Falle sind dann die Zellen des Markstrahls, so weit sie mit dem Harzgange zusammentreffen, zartwandig und unverholzt (Fig. 149). Die mittleren Markstrahlzellen der Kiefer, welche die weiten, durch eine zarte Membran verschlossenen Poren besitzen (Fig. 132 *y*. S. 189), bleiben nun viele Jahre lebendig und füllen sich im Herbst mit Stärkmehl, das auch, so weit die Markstrahlen thätig bleiben, in den zartwandigen Zellen des Harzganges erscheint, welche Hartig sehr passend mit dem Holzparenchym vergleicht und die auch bei der canarischen Kiefer zum Theil genau wie das letztere gebaut sind (S. 190). Im Frühjahr nun verschwindet allmälig das Stärkmehl, dessen Körner schon vor ihrer Lösung die blaue Reaction auf Jod verlieren und man sieht neben ihnen Harztropfen, welche wahrscheinlich später in die Höhlung des Harzganges ausgeschieden werden. In dem ganz jungen Holze aber bemerkt man ferner, wie sich die bereits lufterfüllten Holzzellen in der nächsten Umgebung des Harzganges zuerst mit Harz anfüllen, und wie allmälig diese Harzansammlung weiter um sich greift; daher tritt das Harz frisch gefällter Stämme im Splint nur an zerstreuten Punkten des Hirnschnittes, welche die Harzgänge bezeichnen, hervor. Wenn wir weiter bedenken, daſs die getüpfelten Holzzellen, wie ich es gerade für die Kiefer mit groſser Bestimmtheit nachweisen kann, durch ihre offenen Tüpfel, welche Porencanäle ohne Scheidewand darstellen, frei mit einander communiciren (p. 19), so ist das Eindringen des flüssigen Harzes in die mit Luft erfüllten Holzzellen leicht erklärt. Die directe Verbindung der Markstrahlen mit den senkrechten Harzgängen liefert aber den letzteren noch im alten Holze Nahrung, auch wird höchst wahrscheinlich durch die parenchymartigen Zellen der senkrechten Harzgänge selbst noch eine senkrechte Saftverbindung im alten Holze unterhalten, wie selbige für die Laubhölzer durch das Holzparenchym vermittelt wird. Das in den eigentlichen Canal des Harzganges ausgeschiedene noch dünnflüssige Harz muſs aber senkrecht abwärts flieſsen, und kann zugleich andererseits durch die wagerechten Harzgänge, welche in weiteren Markstrahlen liegen, wagerecht abgeleitet werden und so in die Lagten der Fichte gelangen. Obgleich sich nun schon im Splinte die Holzzellen der nächsten Umgebung des senkrechten Harzganges mit Harz anfüllen, so erfolgt doch das eigentliche Verkienen erst im hohen Alter der Kiefer (90—100 Jahren) und zwar vom Marke aus, und scheint es, als ob mit dem Absterben eines Jahresringes nach dem anderen durch die Markstrahlen, welche ebenfalls Harz erzeugen, und die wagerechten Harzgänge das in ihnen disponibele Harz nach den saftloswerdenden Theilen hingezogen werde, und so allmälig alle mit Luft erfüllten Organe des Holzes ausfülle; welche Ansicht durch das Verkienen des entrindeten Splintes unterstützt wird, indem sich auch hier

das Harz dahin zieht, wo die Markstrahlen langsam saftleer werden. Das oben beschriebene, in Finnland gebräuchliche Verfahren (p. 232) würde sich dann zur Genüge erklären, indem bei einem langsamen Absterben der jungen Kiefer durch eine partielle Entrindung das Verkienen der Jahresringe mit dem allmäligen Trockenwerden des Stammes von Aufsen nach Innen vor sich geht, und aufserdem die in dem noch berindeten Theile erzeugten Reservestoffe einer Harzvermehrung zu Gute kommen. Bei der Harzanfüllung der Holzzellen aber möchten noch diejenigen Markstrahlzellen, welche offene Tüpfel besitzen, eine Rolle spielen, und wahrscheinlich das von den Markstrahlen ausgeschiedene Harz in die Holzzellen leiten. Dieselben fehlen dem Holz der Fichte und Lerche, welches vielleicht deshalb nicht so vollständig verkient.

Nach den Standorten ist nun der Harzgehalt der Bäume verschieden, und liefert die Kiefer nach Pfeil auf Lehmboden und humusreichem, frischem Sandboden die gröfste Menge desselben. Dann ist das weitzellige Holz nach ihm, wenn es vollständig verkient, natürlich viel reicher an Harz (bis zu 60 Proc.), als das engzellige; das Frühlingsholz ist aus demselben Grunde harzreicher, als das Herbstholz *).

Das Harz selbst kann für das Leben des Baumes direct keinen Werth besitzen, weil viele Jahre lang auf Harz benutzte Fichten ungehindert weiter wachsen. (Bei dem Förster Liepmann zu Katzhütte in Thüringen sah ich den 32 Pariser Zoll im Durchmesser haltenden Querschnitt einer 140jährigen Fichte, welche seit 93 Jahren auf Harz benutzt worden. Derselbe hatte durch vier 12—14 Zoll tiefe Harzlagten die Gestalt eines unregelmäfsigen Kreuzes gewonnen. Das Holz war gesund und nach der Seite jeder Lagte hin, wie beim Ueberwallen (S. 122), mit seinen Jahresringen nach einwärts gebogen. Die letzteren aber erschienen für die ersten 30 Jahre der Harzgewinnung fast breiter als zuvor, waren dagegen für die letzten 40 Jahre sehr schmal. Nur an einer Stelle war Fäulnifs eingetreten, und zwar weil die Lagte nicht ordentlich ausgezogen worden, so dafs sich Wasser zwischen Holz und Rinde sammeln konnte.) Die Verwundung aber, aus der das Harz entquillt, dürfte für den Baum aus mehreren Gründen nachtheilig werden, zumal für die Fichte, die nicht gut Verletzungen der Rinde vernarbt und deshalb durch das Rindeschälen des Wildes so gefährdet wird. Wenn dagegen die Lagten vorsichtig aus-

*) Bei der Kiefer und Fichte ist die Rinde, da ihre äufseren Theile zeitig durch Borkenbildung abgeworfen werden, nicht direct für die Harzbildung thätig. Dann sind die senkrechten Harzgänge im Holz bekanntlich viel weiter und ungleich zahlreicher, als die wagerecht verlaufenden Harzcanäle; erstere werden deshalb aller Wahrscheinlichkeit nach auch mehr Harz liefern. Nach v. Mohl hat nun die Fichte viel weniger und viel engere, senkrechte Harzgänge als die Kiefer; die canarische Kiefer aber besitzt wohl die gröfsesten, senkrechten Harzcanäle und ist noch reicher an Harz als unsere Föhre. Es scheint als ob sich das Harz erst durch Oxydation des ätherischen Oeles in den Harzcanälen bildet (S. 149).

gezogen sind, so schadet auch ihr, wie obiges Beispiel beweist, die Verwundung nur insofern, als an den der Rinde beraubten Orten die Saftcirculation unterbrochen ist. Das Holz eines lange auf Harz benutzten Baumes wird dagegen, weil es harzärmer ist, auch für bestimmte Zwecke schlechter und überall weniger dauerhaft sein. Auch wird wahrscheinlich ein zu reichlicher Harzabfluſs die Holzerzeugung vermindern, weil durch ihn das Verhältniſs, in welchem die Nahrungsstoffe sowohl zur Bildung des Holzes als auch des Harzes normal verwendet werden, gestört wird.

Bei dieser Veranlassung kann ich nicht umhin zu bemerken, daſs die ziemlich allgemein verbreitete Vorstellung, das Holz sei etwas Todtes, weil dessen Gefäſse, desgleichen die mit offenen Tüpfeln versehenen Holzzellen frühzeitig Luft führen, nicht ganz richtig ist, indem bei den Laubhölzern das Holzparenchym, desgleichen diejenigen Holzzellen, welche keine offenen Tüpfel besitzen, lange Zeit (bei einigen Bäumen über 20 Jahre) safterfüllt bleiben, und bei den Nadelhölzern, welche noch länger einen feuchten Splint bewahren, die Zellen der Harzgänge ebenso lange lebendig bleiben. Das Kernholz ist allerdings wirklich todt, und sehen wir deshalb in ihm chemische Veränderungen auftreten, welche im lebenden Splinte nicht vorkommen. — Den inneren Raum, den eigentlichen Canal des Harzganges der Nadelhölzer, kann man nun sehr wohl mit dem lufterfüllten Raum der Gefäſse der Laubhölzer vergleichen, in welchen Harz (beim Mahagoni- und Polisanderholz, desgleichen bei Erica arborea) oder eine Gummiart (bei der Runkelrübe und den baumartigen Chenopodiaceen) ausgeschieden wird; das Holzparenchym, welches diese Gefäſse umgiebt und die Ausscheidungen in selbige bewirkt, würde alsdann den secernirenden zartwandigen Zellen des Harzganges entsprechen. Die Markstrahlen und das Holzparenchym solcher Laubhölzer sind gleichfalls mit Harz erfüllt, auch verkient bei Convolvulus scoparius, wenn der Stamm verwundet wird, das Holz von der Wundfläche aus in derselben Weise, wie bei der Kiefer.

v. Mohl hat für die Harzgänge in der Rinde noch eine wagerechte, im erweiterten Markstrahl verlaufende Form, welche für das Holz längst bekannt war*), nachgewiesen, dagegen das Wesentlichste für die Harzbereitung im Baume, den directen Zusammenhang der Markstrahlen mit den senkrechten Harzgängen im Holze, übersehen.

---

*) Die erste Auflage dieses Buches S. 102 u. 103. — Meine Pflanzenzelle S. 207. Da sich die Markstrahlen auch in die Rinde fortsetzen, so darf das Vorkommen wagerechter Harzgänge in derselben nicht befremden. — Im Holz der Kiefer erscheinen häufig tangentiale Spalten, die mit Harz angefüllt sind. Die mikroskopische Untersuchung ergiebt, daſs im Umkreis dieser Spalten die Holz- und Markstrahlzellen allmälig in ein zartwandiges parenchymatisches Gewebe übergehen; diese Spalten müssen also in der unmittelbaren Nähe des Cambiumringes entstanden sein, da fertige Holzzellen einer solchen Umwandelung nicht mehr fähig sind.

Das Fällen (Abholzen, Abtreiben) der Bäume geschieht bei uns im ersten Frühjahr, noch vor dem sich der Wald belaubt, und zwar am meisten durch die Säge, wozu zwei Männer genügen. Wenn der Sägeschnitt weit genug eingedrungen ist, so werden Keile, aus dem Holz der Hainbuche, in denselben getrieben. — Anfänglich schwankt der Wipfel und neigt sich darauf ganz allmälig; allein, wie von der Erde angezogen, vermehrt sich seine Fallbewegung und krachend stürzt der Baum, Aeste und Zweige weit umherstreuend. Ein geschlossener Bestand wird von der Seite abgetrieben, man fällt die Bäume reihenweise; am Bergeshang läſst man sie abwärts fallen; im Mittelwald aber beachtet man genau die Richtung, wohin der Stamm, ohne andere Bäume zu beschädigen, zu werfen ist. Sehr starke Stämme müssen mit der Axt gefällt werden.

In der Regel wird der gefällte Stamm sogleich geschält. Die Rinde löst sich im Frühjahr bekanntlich leichter und der Stamm wird trocken ohne auszuschlagen; sein Holz und seine Rinde behalten deshalb die Stoffe, welche im anderen Falle zur Bildung junger Zweige verwerthet werden und alsdann dem Brennwerth des Holzes verloren gehen. Die Borkenkäfer, welche gern zwischen dem Holz und der Rinde liegender Stämme nisten, können sich auſserdem hier nicht ansiedeln. Bei der Kiefer, Fichte und Tanne ist das junge Holz (der Splint) frisch gefällter Stämme oftmals bis zum 20sten Jahresring, von Auſsen her gezählt, feucht, und bei der Kiefer und Fichte quillt Harz aus ihm hervor. Beim raschen Austrocknen reiſst das Holz mehr oder weniger, und zwar am häufigsten in der Richtung der Markstrahlen, weshalb ein langsames Austrocknen für das Bauholz wichtig wird.

Will man nun das Alter des gefällten Stammes auf dem Stock nach den Jahresringen zählen, so muſs man, wenn der Baum zwei Fuſs über der Erde geschlagen wird, einige Jahre hinzunehmen, und wird die Zahl der Jahre, welche man hinzufügen muſs, nach der Baumesart verschieden sein. Für Bäume, welche in den ersten Lebenszeiten einen starken Höhentrieb machen, z. B. für die Kiefer, wird man nur wenig, vielleicht 4—5 Jahre hinzurechnen dürfen, für die Tanne und Fichte dagegen, welche erst nach dem zehnten oder zwölften Jahre in die Höhe wachsen, wird man mindestens 10—12 Jahre hinzuzählen müssen. Weil jedoch nicht jeder Baum gleich kräftig wächst, wird man das Alter eines Stammes auch niemals mit absoluter Genauigkeit nach seinen Jahresringen bestimmen können, dagegen ist das Alter eines Astes oder Zweiges mit groſser Sicherheit nach ihnen zu bemessen.

VIII.

Die Blüthe und die Frucht.

Der Formenreichthum, den wir schon in Stamm- und Blattgestalten vielfach bewundert haben, tritt in der Blüthe uns noch mehr entgegen, denn kaum eine Blume gleicht der anderen. Sehen wir die Blüthen der Weide und der Pappel neben der Blüthe des Kirschbaumes, so finden wir kaum eine Aehnlichkeit; vergleichen wir die regelmäfsige Blume der Lilie mit der so unregelmäfsigen Blüthe der Orchideen, welche man sehr treffend Fratzenlilien nennt, so begegnen wir grofsen, scheinbar nicht auf einen Plan zurückführbaren Verschiedenheiten und doch geht Alles nach Gesetz und Ordnung. Alle Blüthen dienen einem Zwecke, sie sind zur Samenbildung der Pflanze bestimmt.

Nicht der Formenreichthum allein, auch die Mannigfaltigkeit der Farben kommt in der Blüthe zur Entfaltung. Der Blüthenschnee unserer Obstbäume, das Schwefelgelb der Rapsfelder im Frühling, das Roth der blühenden Haide geben zur bestimmten Jahreszeit der Gegend ihre Färbung und weniger gesellig lebende Pflanzen, z. B. viele Orchideen der Wiesen und Wälder, überraschen in der Nähe das Auge durch ihre Farbenpracht.

Zu den Formen und den Farben gesellen sich in der Blüthe noch die Gerüche mit ihrer Mannigfaltigkeit. Die Hyacinthen, Rosen, Veilchen und die Orangenblüthe, desgleichen auch sehr viele Orchideen verbreiten köstliche Wohlgerüche, während andere Orchideen nicht minder starke, aber widerwärtige Riechstoffe aushauchen (Himantoglossum hircinum, Orchis coriophora).

Worauf beruht nun der Reichthum der Gestalten und worauf gründet sich die Mannigfaltigkeit der Farben und der Gerüche? — Die Formen werden durch die Entwickelungs- und Ausbildungsweise der Blüthentheile bedingt, die Farben und die Gerüche aber entstehen durch die chemische Thätigkeit im Innern der Zellen. Erst wenn sich die Blume entfaltet, treten alle drei in ihrer Vollendung hervor.

Fragen wir, was ist die Blüthe? und so wird wohl Mancher, der die Natur aufmerksam betrachtet, fragen: so lautet die Antwort der Ent-

wickelungsgeschichte, welche hier, wie in so vielen anderen Fällen, allein entscheiden kann: Die Blüthe ist ein Zweig mit verkürzten Stengelgliedern, dessen Blätter als bestimmte Blüthentheile, als Kelch, Blumenblätter, Staubfäden und Fruchtblätter verwerthet sind. Die Staubfäden, jederzeit aus wahren Blattanlagen entstanden, entwickeln den Blüthenstaub; im Fruchtknoten aber, der sowohl aus verwachsenen Blättern, als auch aus dem hohl gewordenen Stammtheil der zur Blüthe umgebildeten Stammknospe entstehen kann, bilden sich die Samenknospen; durch die beiden zuletzt genannten Bildungen aber, durch den Blüthenstaub und durch die Samenknospen, wird die Blüthe functionell der Geschlechtsapparat der phanerogamen Pflanze, indem das Staubblatt oder der Staubfaden den männlichen Apparat, der Fruchtknoten aber den weiblichen darstellt und in der Samenknospe nach vollzogener Befruchtung sich der Keim entwickelt.

Jede Knospe, welche die Anlage der Staubblätter oder der Samenknospen umschliefst, ist deshalb eine Blüthenknospe; Kelch und Blumenblätter, welche zum Geschäft der Fortpflanzung direct nicht thätig sind, können dagegen einzeln oder insgesammt der Blüthe mangeln, ja den Nadelhölzern fehlt sogar der Fruchtknoten als Hülle für die Samenknospen.

Blumen, welche Staubfäden und Samenknospen bei einander enthalten, werden Zwitterblüthen (flores hermaphroditi) genannt. Wenn dagegen die zur Samenbildung nothwendigen Theile in einer Blume nicht vereinigt sind, so redet man von eingeschlechtigen Blüthen (flores unisexuales), und unterscheidet männliche Blüthen, die Staubblätter, aber keinen Fruchtknoten enthalten, von weiblichen, die wohl den letzteren oder bei den Nadelhölzern Samenknospen besitzen, aber der Staubblätter entbehren. Die männlichen und die weiblichen Blüthen kommen nun entweder mit einander auf demselben Pflanzenexemplar oder getrennt auf besonderen Exemplaren vor, wonach man männliche und weibliche Pflanzen unterscheidet.

Die Blüthe entsteht, wie wir gesehen, aus einer Stammknospe, und besitzt deshalb einen Stammtheil (eine Achse) und Blätter. Göthe erkannte zuerst in den Blüthentheilen veränderte Blätter, weshalb die Verwandlungslehre oder die Lehre vom Uebergang der Stammknospe zur Blüthe zunächst sein Gedanke ist, der übrigens erst von den Pflanzen-Physiologen durch directe Forschung wirklich begründet wurde. Schleiden, dem die Entwickelungsgeschichte im Pflanzenreich mit ihren Aufschwung verdankt, gab für die Entstehung der Blüthe wichtige Aufschlüsse, und zeigte unter Anderem, dafs nicht die Blätter allein zu ihrer Bildung thätig sind, dafs vielmehr bei der Entstehung des Fruchtknotens vielfach auch der Stamm betheiligt ist.

Zu jeder Blüthe gehört demnach ein Stammtheil mit seinen Blattorganen; mehrere Blüthen aber auf einem gemeinsamen Blüthenstiel bilden einen Blüthenstand (inflorescentia). Aus dem Fruchtknoten wird nach der Bestäubung die Frucht und aus der Samenknospe bildet sich der Same, in welchem der Keim zur neuen Pflanze reift.

Schon in der Blattstellung am Stamm haben wir eine grofse Regelmäfsigkeit erkannt (S. 150), und finden diese in der Blüthe im noch höheren Grade wieder, vermissen aber hier wie dort auch die Ausnahmen nicht, weshalb man zwischen regelmäfsigen und unregelmäfsigen Blüthen unterscheidet. In der Blüthe sind die Blätter, selbst bei denjenigen Pflanzen, wo sie am Laubzweig auf ungleicher Höhe stehen, meistens in Kreise gestellt, welche, da sich die Stengelglieder in der Regel nur wenig verlängern, in dichter Folge über einander liegen.

Im Abschnitt V. habe ich (S. 132) bereits der zur Blüthe gehörigen Arten der Blätter gedacht. — Entsteht die Blume aus einer Endknospe, so fehlt ihr das Blüthendeckblatt (bractea); entspringt sie dagegen aus einer Achselknospe, so ist dieselbe jederzeit mit einem solchen, das übrigens bei manchen Pflanzen schon sehr frühe, noch vor der Blüthenentfaltung, abgeworfen wird, versehen, in welchem Falle eine Narbe die Spur des abgefallenen Blattes bezeichnet. Entwickelt sich die Blüthe aus einer Nebenknospe, wofür ich freilich nur einzelne sichere Beweise (Hydnora africana) kenne, so fehlt das Deckblatt schon ursprünglich. Das Blüthendeckblatt ist in allen Fällen ein gewöhnliches Laubblatt, dessen Achselknospe statt eines Zweiges eine Blüthe entwickelt hat; es unterscheidet sich aber häufig durch Gröfse, Gestalt und Färbung von den gewöhnlichen Laubblättern. Die grofse weifse Blattfläche, welche den Blüthenstand, den Blüthenkolben, der äthiopischen Calla umschliefst, ist ein Deckblatt dieses Blüthenstandes, und ebenso mufs das mit dem gemeinsamen Blüthenstiel verbundene lange und schmale Blatt der Linde als Deckblatt des Blüthenstandes (als Spatha) betrachtet werden (Taf. IV. Fig. 66 *sp*). Bei Melampyrum pratense, nemorosum und crystatum sehen wir dafür das Deckblatt der einzelnen Blüthe in Form und Farbe von den Laubblättern abweichen, und die Poincettia pulcherrima, eine baumartige Euphorbiacee, wird durch ihre grofsen feuerfarbenen Deckblätter eine Zierde der Promenaden und Gärten Madeira's. — Die oftmals nicht unwesentlichen Verschiedenheiten der Ausbildungsweise zwischen dem wahren Laubblatt und dem Blüthendeckblatt bezeichnen den ersten Schritt des Ueberganges der Stammknospe zur Blüthe, an dem sogar das Blatt, in dessen Achsel letztere entsteht, sich mehr oder weniger betheiligt. — Das Blüthendeckblatt ist in der Regel anatomisch dem Laubblatt entsprechend gebaut.

Die Blüthenknospe, sie mag nun End-, Achsel- oder Nebenknospe sein, besteht anfänglich nur, wie jede Knospe, aus einem Vegetationskegel, unter welchem in bestimmter Reihenfolge Blätter entstehen, welche in der Regel Kreise um denselben bilden und als erster, zweiter, dritter Blattkreis u. s. w. der Blüthe bezeichnet werden. Da nun die Stengelglieder, welche diese Blattkreise der Höhe nach von einander trennen, in der Regel sehr verkürzt bleiben, so folgen diese in der Blüthe dicht auf einander.

Die Kelchblätter (sepala) bilden den ersten Blattkreis einer Blüthe. In der Regel grün gefärbt, gleichen dieselben den Laubblättern ungleich

mehr, als der ihnen folgende Kreis der Blumenblätter. Finden sich nun mehrere grün gefärbte Blattkreise in einer Blüthe über einander, so spricht man von einem doppelten oder mehrfachen Kelch und wird der erste Kreis alsdann nicht selten als Hüllkelch bezeichnet; so bei den Malven. Ist dagegen in der Blüthe nur ein Blattkreis vorhanden und berechtigt seine Färbung nicht, denselben als Kelch oder als Blumenkrone anzusehen, so redet man von einer Blüthenhülle (einem Perigonium). Die männliche Blüthe der Erle, der Eiche und der Buche ist mit einem Perigon versehen (Taf. IV. Fig. 30. Taf. III. Fig. 12 u. 30). Die Lindenblüthe zeigt einen sehr schön ausgebildeten, fünfblätterigen, einfachen Kelch; die Kirsch-, Apfel- und Pflaumblüthen sind gleichfalls mit einem einfachen, fünfblätterigen Kelch versehen.

Die Blumenblätter (petala) bilden den auf den Kelch folgenden Blattkreis der Blüthe; sie sind in der Regel weiſs oder farbig, selten wie die Kelchblätter grün gefärbt, und erscheinen als einfacher oder mehrfacher Kreis; einfach bei der Kirsch- und Apfelblüthe, mehrfach bei der Seerose (Nymphaea). Die gefüllten Blumen sind gleichfalls mit mehreren oder zahlreichen Blumenblattkreisen versehen; der gefüllte Zustand ist aber nicht normal und in der Regel auf Kosten der Staubfäden entstanden, welche sich als Blumenblätter ausgebildet haben und deshalb in der gefüllten Blüthe meistens fehlen.

Schon die Laubblätter zeigen, wie wir im Abschnitt V. gesehen, mannigfache Formen, die bei den Blumenblättern noch auffallender erscheinen. Es giebt gestielte und ungestielte Blumenblätter und hat man den Stiel derselben Nagel (unguis) genannt; die Nelkenarten, sowie alle Sileneen, desgleichen die Kreuzblüthler (Cruciferen), wohin der Kohl und Raps gehören, sind mit gestielten Blumenblättern versehen. Wenn die Blumenblätter nicht bis zu ihrem Grunde getrennt sind, so spricht man von einer verwachsenen Blumenkrone (Corolla gamopetala), sollte aber richtiger von nicht getrennten Blumenblättern reden. Eine Verwachsung setzt nämlich voraus, daſs ein Organ vormals getrennt gewesen; dagegen lehrt die Entwickelungsgeschichte der sogenannten verwachsenen Blumenkrone, daſs nur die Spitzen ihrer Blätter getrennt unter dem Vegetationskegel der Blüthenknospe hervortreten, daſs also keine Verwachsung erfolgt, dagegen im weiteren Verlauf der Entwickelung die Trennung dieser Theile unterbleibt. Nicht getrennte Blumenblätter sehen wir bei der Glockenblume (Campanula), beim Vergiſsmeinnicht (Myosotis) und bei der Winde (Convolvulus). — Die Farbenpracht der Blüthen entfaltet sich zunächst in ihren Blumenblättern, wo der Sammetglanz der Farben in vielen Fällen (bei der Rose und den Orchideen) durch eine eigenthümliche papillöse Oberhaut, an welcher sich des Lichtes Strahlen brechen, hervorgerufen wird. Die chemische Einwirkung des Lichtes bedingt auch zum Theil die Farben, deren Pracht wir bewundern; so öffnet sich die groſse, einer einfachen Stockrose ähnliche Blüthe des Hibiscus mutabilis, einer in den Gärten Madeiras sehr ver-

breiteten baumartigen Pflanze, am Morgen mit schneeweifsen Blumenblättern, die schon in kurzer Zeit eine röthliche Färbung gewinnen, und sich am Abend im tiefsten Rosenroth für immer schliefsen. Weniger in die Augen fallend wirkt auch das Licht auf die Mehrzahl der Blüthen, deren Schattirungen vielfach durch die Gefäfsbündelverzweigungen im Blumenblatte erhöht werden. Wenn sich zwei Blattkreise (Kelch und Blumenkrone) durch Färbung und Gestalt schwer unterscheiden lassen, z. B. bei der Tulpe, so redet man von einer doppelten Blüthenhülle (S. 241).

Auf den Kreis der Blumenblätter folgen die Staubblätter oder Staubfäden (Stamina). Viele Pflanzen sind mit einem einfachen (das Vergifsmeinnicht, die Erlenblüthe, die Stachelbeere u. s. w.), andere dagegen mit einem mehrfachen Staubfadenkreis versehen (die Kirsch- und Lindenblüthe).

Die Blattfläche des Staubblattes, in welcher sich der Blüthenstaub entwickelt, hat man Staubbeutel (Anthera) genannt, den Blattstiel desselben dagegen als Staubbeutelträger (Filamentum) bezeichnet. Es giebt sitzende und gestielte Staubblätter; manche sind mit einem Blattgelenk (S. 134) versehen, anderen fehlt dasselbe. Nach der Art, wie sich die Blattfläche des Staubblattes ausbildet, wird die Anthere zwei-, vier- oder mehrfächerig und nach der Art, wie sie aufspringt, um ihren Blüthenstaub zu entlassen, richtet sich ihre Gestalt zur Zeit des Blühens. Der Mittelnerv des Staubblattes wird das Connectiv genannt.

Die Mehrzahl der Staubblätter ist nun ursprünglich vierfächerig, indem sich im Nahrungsgewebe ihrer Blattfläche, wenn letztere kaum angelegt ist, vier gesonderte Längsgruppen von Mutterzellen bilden, so dafs jede Blattseite zwei solcher Reihen besitzt (Fig. 150). In diesen Mutterzellen aber entsteht der Blüthenstaub, der durch ein parenchymatisches Gewebe, welches jene Mutterzellen umgiebt und mit der Ausbildung des Pollens verschwindet, ernährt wird. Wenn nun die Scheidewand der beiden Fächer einer Blattseite kurz vor der Blüthe aufgelöst wird, so ist die Anthere um diese Zeit scheinbar zweifächerig und öffnet sich in der Regel mit zwei Längsspalten, deshalb werden in der beschreibenden Botanik noch jetzt sehr häufig vierfächerige Antheren als zweifächerig bezeichnet, was anatomisch nicht zu billigen ist. Die Kirsche, der Mandelbaum, das Vergifsmeinnicht, die Lilie und die Mehrzahl der Pflanzen überhaupt, kann hier als Beispiel dienen (Taf. III. Fig. 15 u. 32 u. Taf. IV. Fig. 58 u. 62). Zweifächerige Antheren, wo an jeder Seite des Mittelnervs nur

Fig. 150.

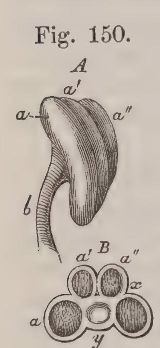


Fig. 150. *A* Ein Staubblatt des Mandelbaumes (Amygdalus) kurz vor dem Aufspringen; a und a' die beiden Fächer einer Seite; a'' ein Fach der anderen Seite; b der Staubblattträger; x die Längsfurche, welche sich beim Aufspringen öffnet. *B* Ein Querschnitt dieses Staubblattes; y das Gefäfsbündel.

eine Gruppe von Mutterzellen zur Bildung des Pollens entsteht, besitzen die Asclepiadeen, einige Amaranthaceen und einige Nadelhölzer, z. B. die Lerche (Fig. 151) (Tanne, Fichte und Kiefer) (Taf. I. Fig. 16 u. 36 u. Taf. II. Fig. 34). Andere Nadelhölzer dagegen bilden an der Unterseite ihres Staubblattes beutelförmige Erhebungen von meistens unbestimmter Zahl und nach der Pflanze von verschiedener Länge und Gestalt, welche sich an ihrer Spitze mit einer Spalte öffnen und Pollensäcke genannt werden (Juniperus, Thuja, Cupressus [Fig. 152] und Taxus). Bei der Araucaria brasiliensis (Fig. 153) erscheinen diese Pollensäcke als lange kantige Säulen in zwei Reihen und bei den Cycadeen sind sie als kugelige Säckchen in gröſster Anzahl vorhanden. Auch bei der Mistel (Viscum album) bilden sich im Gewebe des Staubblattes die Mutterzellen des Pollens in einzelnen zerstreuten Gruppen, ohne jedoch wie bei den Cupressineen hervortretende Säcke zu erzeugen. Bei noch anderen Pflanzen wird constant nur die eine

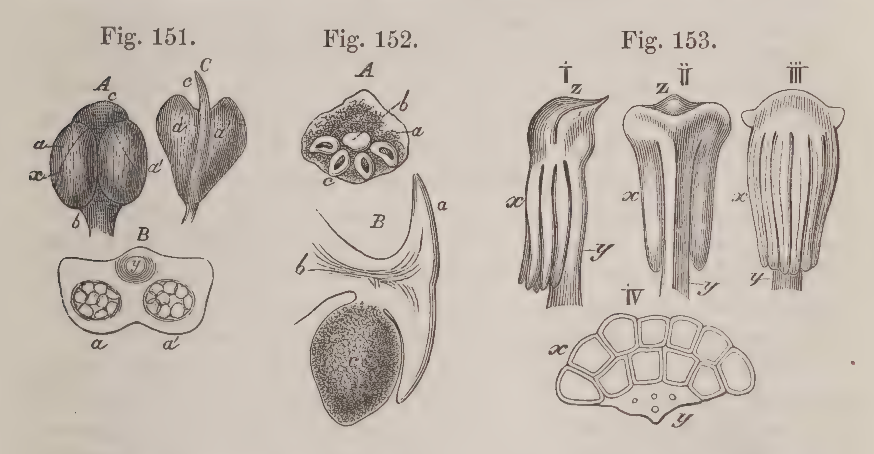
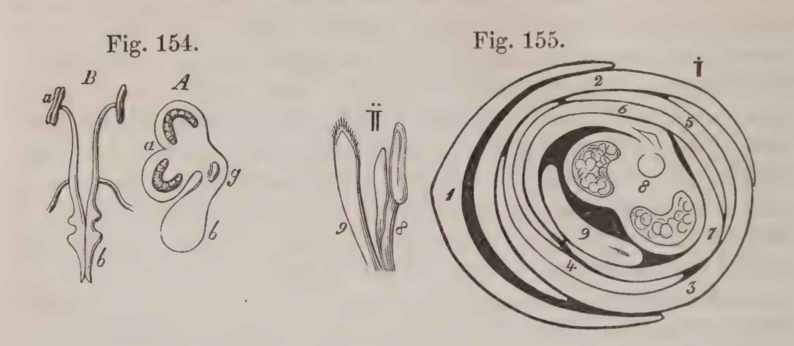


Fig. 151. Staubblätter der Lerche (Larix europaea). *A* Im halbreifen Zustande; *a* und *a'* die beiden Fächer; *b* das Filament; *x* die Linie, nach welcher späterhin der Staubbeutel aufspringt. *B* Querschnitt eines solchen Staubblattes; *y* das Gefäſsbündel. *C* Ein bereits aufgesprungenes Staubblatt von der Hinterseite; *c* die Spitze desselben, der Spitze einer Lerchennadel entsprechend. Die übrigen Bezeichnungen bei *B* und *C* gleichbedeutend mit *A*. (*A* 30 mal, *B* 50 mal, *C* 6 mal vergröſsert.)

Fig. 152. *A* Das schildförmige Staubblatt der Cypresse (Cupressus sempervirens) von unten gesehen; *a* die Blattfläche; *b* das Filament; *c* die Pollensäcke auf der Blattfläche. *B* Längsschnitt durch eine junge Anthere; die Bezeichnung wie oben. (*A* 8 mal, *B* 25 mal vergröſsert.)

Fig. 153. Antheren des männlichen Blüthenstandes der Araucaria brasiliensis. I Von der Seite, II von oben und III von unten gesehen; *x* die langen Pollensäcke, welche sich an der unteren Seite mit einer Längsspalte öffnen (III); *y* der Staubblattträger; *z* die Spitze des Staubblattes, welche hier nur wenig entwickelt ist und dem schildförmigen Theile des Staubblattes von Cupressus (Fig. 152) entspricht. IV Ein Querschnitt durch ein Staubblatt aus dessen Mitte genommen, die Pollensäcke (*x*) liegen in 2 Reihen. (I—III 3 mal, IV 8 mal vergröſsert.)

Seite des Staubblattes zur Bildung des Blüthenstaubes benutzt, wofür die Salvia (Fig. 154) ein Beispiel liefert, das bei der Canna wiederkehrt (Fig. 155).



Das Aufspringen der Staubbeutel zur Zeit der Blüthenentfaltung wird durch die Anordnung bestimmter Zellen und die Weise des Zusammenziehens beim Vertrocknen bedingt. Wie das Periderma der Birke durch ungleichartiges Zusammenziehen seiner verschieden ausgebildeten Schichten abblättert (S. 218), so öffnen sich auch die Antheren des Staubfadens gesetzmäſsig nach der Anordnung bestimmter Zellenreihen. Die Staubbeutel des Lorbeerbaumes (Fig. 156) und des Berberitschenstrauches springen mit mehreren Klappen auf, diejenigen der Pyrola-Arten und des Nachtschattens (Solanum nigrum) und der Kartoffel öffnen sich an ihrer Spitze mit einer kurzen Spalte, die man als Loch bezeichnet, während die Mehrzahl der Staubbeutel ihren Blüthenstaub aus einer langen Längsspalte entläſst.

Wie die Blumenblätter vielfach vereinigt, d. h. nur an ihrer Spitze gesondert, auftreten, so sind auch die Staubfadenträger nicht immer bis zum Grunde getrennt, wie wir dies bei vielen Amaranthaceen (Gomphrena, Alternanthera) (Fig. 157) und bei Ruscus finden. Bei den Compositen sind die als Staubbeutel entwickelten Blattflächen des Staubfadens mit einander zu einer das Pistill umgebenden Röhre verklebt, während die Filamente

Fig. 154. *B* Die beiden Antheren einer Salvia (Salvia nivea); *a* die ausgebildete, zweifächerige Seite des Staubblattes; *b* die andere Seite desselben, welcher der Staubbeutel fehlt. *A* Ein ganz junges Staubblatt im Querdurchschnitt; die übrigen Bezeichnungen wie oben; *y* das Gefäſsbündel des Staubblattträgers. (*A* 50 mal, *B* 8 mal vergröſsert.)

Fig. 155. Canna Spec. I Querdurchschnitt durch eine halb ausgebildete Blüthenknospe; *1—3* die Blätter des äuſseren Kreises; *4—6* die Blätter des inneren Kreises der Blumenkrone; *7—9* die Blätter des letzten Blattkreises der Blüthe; *7* ist blumenblattartig ausgebildet und tritt in der offenen Blüthe lippenartig hervor; *8* ist zum Staubblatt mit einer zweifächerigen (halben) Anthere geworden, während die andere Hälfte des Blattes blumenblattartig geblieben ist; *9* bildet den Staubweg, mit seitlich gelegenem Staubwegcanal. (15 mal vergröſsert.) II Das Staubblatt und der Staubweg einer solchen Knospe isolirt.

der Staubblätter getrennt erscheinen. Wie die Gestalt der Blätter überhaupt, so ist endlich auch die Gestalt der Staubblätter sehr verschieden; der Staub-

Fig. 156.

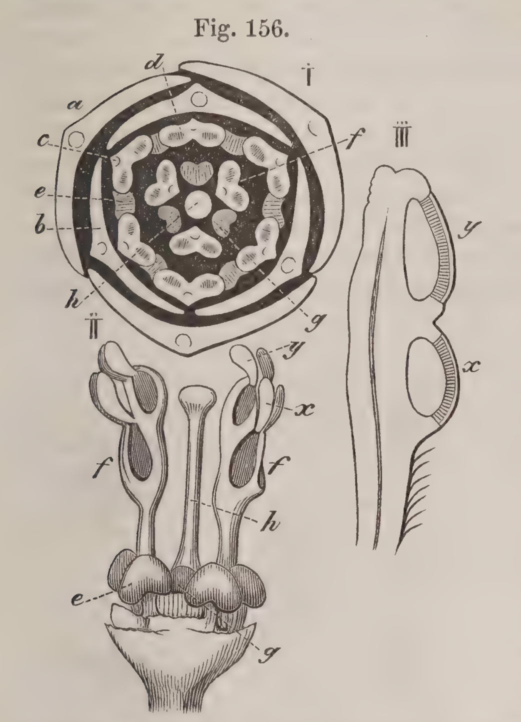


Fig. 157.

beutelträger ist in einigen Fällen sogar mit Anhängseln versehen (Asclepias, Borrago) und bei den Euphorbiaceen etwa auf halber Höhe durch ein Gelenk charakterisirt, vermittelst dessen späterhin der obere Theil sammt dem Staubbeutel abgeworfen wird (Fig. 158), während die Staubblätter im Allgemeinen sich am Grunde ihres Trägers von dem Blüthenboden trennen, oder mit der Blüthenröhre verbunden abfallen. Die Formen der Staubfäden werden für die beschreibende Botanik wichtig.

Wir kommen jetzt zum Kreis der Fruchtblätter (Carpella), welche den Blattfruchtknoten (Pistillum) bilden. Das Pistill kann nun aus einem Fruchtblatt, es kann aber auch ebensowohl aus mehreren entstehen. Aus einem Blatte bildet sich dasselbe bei der Kirsche und der Mandel

Fig. 156. Persea indica. I Querschnitt durch die junge Blüthenknospe; *a* und *b* Blätter der beiden ersten dreigliederigen alternirenden Blattkreise; *c* und *d* Antheren, welche entweder zwei dreigliederigen Blattkreisen oder, was mir wahrscheinlicher erscheint, einem sechsgliederigen Blattkreise angehören, weil zwischen ihnen ein sechsgliederiger Kreis nicht zur Ausbildung gekommener Staubblätter (*e*) erscheint; *f* eine Anthere des inneren dreigliederigen Kreises, zwischen welcher drei unausgebildete Staubblätter (*g*) auftreten; *h* der Staubweg. Die Antheren *c* und *d* springen nach Innen, die Anthere *f* dagegen nach Aufsen auf, die Lage der unausgebildeten Staubblätter (Nebenstaubfäden) entspricht den letzteren. II Zwei Staubblätter des inneren Kreises mit den Nebenstaubfäden des äufseren; *x* eine der unteren; *y* eine der oberen Klappen der Anthere. III Ein Längsschnitt durch das Staubblatt. (I und II 15 mal, III 40 mal vergröfsert.)

Fig. 157. Die 5 Antheren der Alternanthera diffusa, deren Träger nur im oberen Theil getrennt sind, ausgebreitet. Die Staubbeutel sind zweifächerig. (25 mal vergröfsert.)

(Fig. 159), ferner bei den Leguminosen, den Proteaceen (Manglesia) und den Nyctagineen (Mirabilis); aus mehreren (drei) Fruchtblättern entsteht der Fruchtknoten der Paeonia und des Aconitum und aus zwei Fruchtblättern bildet sich das Pistill der Asclepiadeen *). Während der untere Theil der Fruchtblätter entweder mit einander verwächst oder schon ungetrennt emporsteigt und zur Wand der Fruchtknotenhöhle wird, erhebt sich der obere Theil als eine engere Röhre, die den Staubweg bildet, und in der Regel so viel freie Narben trägt, als Fruchtblätter zur Bildung des Pistills zusammentraten. — Bei den Ranunculaceen, Rosaceen, Magnoliaceen und Anonaceen treten zahlreiche getrennte Fruchtknoten in derselben Blüthe auf, welche in den genannten Familien je aus einem einzigen Fruchtblatte entstanden sind und später bei den drei ersten Familien

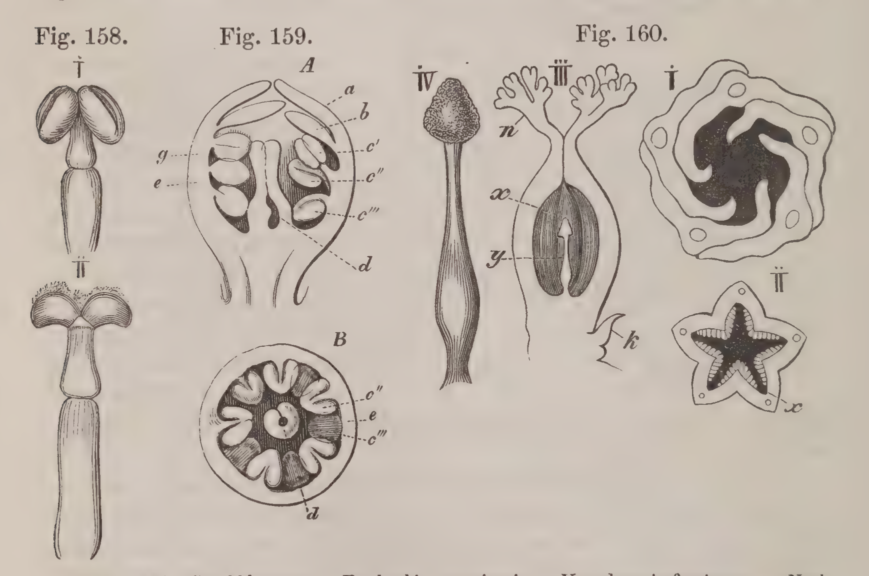


Fig. 158. Staubblätter von Euphorbia canariensis. I Vor dem Aufspringen. II Nach demselben. Der Staubfadenträger auf halber Höhe mit einem Gelenk (10 mal vergröſsert.)

Fig. 159. *A* Längsschnitt einer ganz jungen Kirschblüthe (Prunus Cerasus); *a* Kelchblatt; *b* Blumenblatt; *c'*, *c''* und *c'''* Antheren, drei verschiedenen Kreisen angehörig; *d* der Fruchtknoten, aus einem Fruchtblatt entstanden; *e* der Blüthenboden, d. h. der Grund der Blüthe, welcher Staubfäden, Blumenblätter und Kelchblätter trägt. *B* Querschnitt einer Blüthenknospe desselben Entwickelungszustandes in der Höhe von *g* bei *A* ausgeführt; die Bezeichnung wie bei *A*. (40 mal vergröſsert.)

Fig. 160. Carica cauliflora. I Querschnitt durch die Blumenkrone kurz vor dem Aufblühen der Knospe (Aestivatio contorta). II Querschnitt durch den Fruchtknoten; bei *x*, welche Region der Mitte des Fruchtblattes entspricht, fehlen die Samenknospen. III Längsschnitt durch den Fruchtknoten; *y* das freie Mittelsäulchen; *n* die Narbe; *k* ein Kelchblatt. IV Das Mittelsäulchen bei 4 maliger Vergröſserung. (I 10 mal vergröſsert.)

*) H. Schacht, das Mikroskop und seine Anwendung. Taf. II u. III.

eben so viele Einzelfrüchte bilden, bei den Anona-Arten aber mit einander zu einer einzigen grofsen, vielsamigen Frucht verwachsen. Mit den Fruchtblättern schliefst sich der Vegetationskegel der zur Blüthe gewordenen Stammknospe, d. h. er entwickelt fortan keine neue Blätter, steigt vielmehr in vielen Fällen als säulenförmige Bildung, als Mittelsäulchen, im Centrum der Fruchtknotenhöhle empor, wie dies bei dem Melonenbaum (Carica Papaja) am deutlichsten wird (Fig. 160), aber auch bei den Primulaceen und Myrsineen (Ardisia excelsa) (Fig. 161), desgleichen bei den Santalaceen, wo das freie Mittelsäulchen die Samenknospen trägt, sichtbar ist (Fig. 162). In vielen Fällen wird aber auch der Stengeltheil der Blüthe selbst, nachdem er die Blattorgane derselben angelegt hat, hohl und bildet alsdann den unterständigen Stengelfruchtknoten, wofür die Nachtkerze (Fig. 163) und die Orchideen Beispiele geben und die Cacteen noch schla-

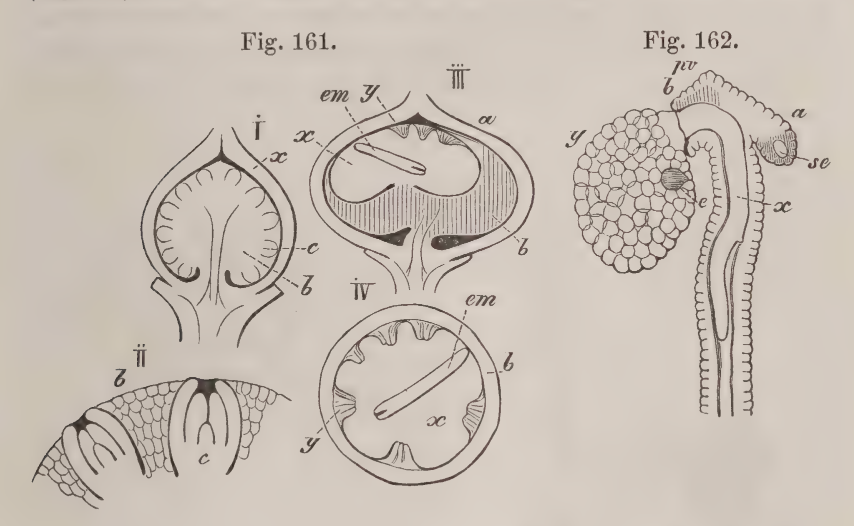


Fig. 161. Ardisia excelsa. I Längsschnitt durch den oberständigen Fruchtknoten zur Blüthezeit; *a* die Wand der Fruchtknotenhöhle; *b* der centrale freie Samenträger, dessen geradläufige Samenknospen (*c*) einzeln in das Gewebe eingesenkt sind, was II im vergröfserten Mafsstabe zeigt. III Längsschnitt durch die reife Frucht; *x* die einzige zum Samen ausgebildete Samenknospe, mit ihrem walzenförmigen Keim (*em*); *b* der Ueberrest des Samenträgers; *y* die vertrockneten Ueberreste der nicht zur Samenbildung gelangten Samenknospen. IV Der Querschnitt durch eine andere Frucht. (I 30 mal, II 150 mal, III und IV 6 mal vergröfsert.)

Fig. 162. Thesium intermedium. Der centrale Knospenträger mit einer nicht befruchteten (*a*) und einer befruchteten (*b*) Samenknospe ohne Integument, die dritte ist bei dieser Lage des Präparates nicht sichtbar; *se* der Embryosack der nicht befruchteten Samenknospe; *y* das Sameneiweifs (Endosperm) der befruchteten Samenknospe, in welcher die Anlage des Keimes (*e*) gelegen ist; *x* eine schlauchförmige zellenleere Verlängerung des Embryosackes der befruchteten Samenknospe, welche in den Knospenträger hinabwächst. (50 mal vergröfsert.)

gender sind, indem bei Opuntia der unterständige Fruchtknoten einem hohl gewordenen, in seinem Innern Samenknospen tragenden Zweige entspricht.

Die Fruchtknotenhöhle, gleichgültig ob aus Fruchtblättern oder aus einem hohl gewordenen Stammorgan entstanden, kann nun sowohl einfächerig als mehrfächerig sein, und zwar wird selbige, mit Ausnahme der Balsaminen *) und Tropaeoleen, wohl in den meisten Fällen durch von der Wand aus nach innen gewachsene Scheidewände, welche im Centrum der Fruchtknotenhöhle auf das Mittelsäulchen treffen und mit ihm verschmelzen, mehrfächerig. Wenn in solchem Falle das letztere nur bis zur Mitte des Fruchtknotens emporsteigt, so ist die obere Hälfte seiner Höhle einfächerig mit tief in das Innere vordringenden Scheidewänden, welche die Samenknospen tragen, im unteren Theile dagegen mehrfächerig, wie wir dies in ausgezeichneter Weise bei allen Ericeen, desgleichen bei der Nachtkerze (Fig. 164) und den Fuchsien vor uns haben; unterbleibt endlich die Ausbildung des Mittelsäulchens vollständig, so ist der Fruchtknoten

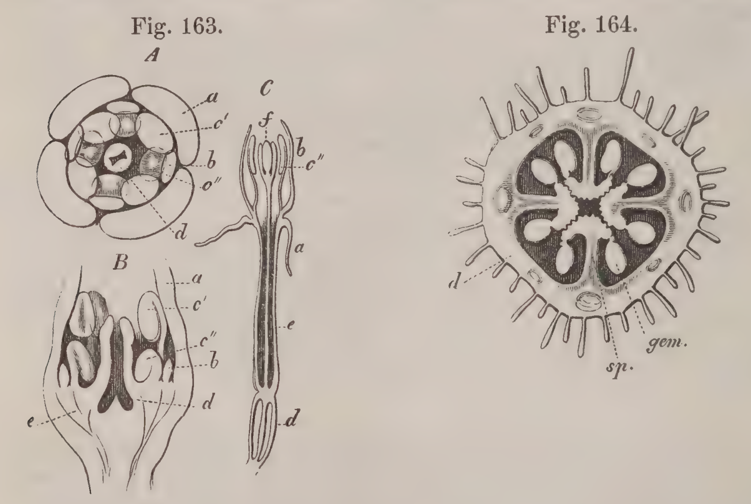


Fig. 163. *A* Querschnitt einer sehr jungen Blüthenanlage der Oenothera muricata; *a* Kelchblätter; *b* Blumenblätter; *c'* und *c''* Antheren des ersten und des zweiten Staubblattkreises; *d* Anlage des Fruchtknotens. *B* Längsschnitt desselben Entwickelungszustandes; *d* die Fruchtknotenhöhle; *e* der Theil, welcher später die Kelchröhre bildet. (40mal vergröfsert.) *C* Längsschnitt einer Blume zur Blüthezeit (natürliche Gröfse); *f* die Narben; die übrigen Buchstaben wie oben.

Fig. 164. Querschnitt aus der oberen Hälfte des Fruchtknotens von Oenothera muricata; *d* die Wand desselben; *sp* einer der vier wandständigen Samenträger; *gem* eine Samenknospe. (10mal vergröfsert.)

*) Schacht, Entwickelungsgeschichte des Pflanzen-Embryon. Taf. XXII. Fig. 4—6.

durch seine ganze Länge einfächerig oft mit tief in das Innere vordringenden Scheidewänden, wie dies die Kürbisarten zeigen. Da sich nun genannte Scheidewände, welche die Samenknospen tragen, immer in ihrer Zahl und Stellung zu den freien Narben wie die nach einwärts geschlagenen, zu je zwei mit einander verbundenen Rändern der Fruchtblätter verhalten, so muſs ich diese Scheidewände, auch beim Stengelfruchtknoten, für Blattorgane ansprechen und glaube deshalb, daſs sich das Pistill wohl niemals aus einem Stengel allein, aber eben so wenig allein aus Blattelementen entwickelt, indem der Grund der Fruchtknotenhöhle und das Mittelsäulchen auch beim Blattfruchtknoten immer Stammorgane sind.

Die Fruchtknotenhöhle oder, wenn mehrere Fächer vorhanden sind, die Fruchtknotenhöhlen stehen in allen Fällen durch den Staubweg, der in der Regel eine kürzere oder längere Röhre bildet, mit der Auſsenwelt in directer Verbindung. Der Staubweg aber trägt die Narbe, wenn eine solche als besonderer Theil überhaupt vorhanden ist, oder wenn mehrere Fruchtblätter zur Bildung des Pistills zusammentreten, eben so viele Narben.

Das Pistill wird als eines der wesentlichsten und deshalb in seinem Bau beständigsten Organe der Pflanze für die beschreibende Botanik von groſser Wichtigkeit. Es ist hier zunächst und zwar durch einen Querschnitt zu ermitteln, ob dasselbe einfächerig oder mehrfächerig ist, und wie in seinem Innern die Samenknospen angeheftet sind. Den Theil aber, der die Samenknospen trägt, bezeichnet man als Knospenträger (Spermophorum, Placenta). Bei einigen Blumen, z. B. bei Butomus (einer unserer schönsten Wasserpflanzen) ist die ganze Innenfläche jedes Fruchtblattes mit Samenknospen überdeckt; hier ist kein besonderer Knospenträger unterscheidbar. In den meisten anderen Fällen treten dagegen die Knospenträger um so deutlicher hervor und sind entweder wandständig oder mittelständig. Die wandständigen Knospenträger, welche wir schon vorhin bei der Bildung der Scheidewände der Fruchtknotenhöhle kennen gelernt, können nun kurz oder lang erscheinen, und demnach wenig (beim Veilchen und bei der Passionsblume) oder tief in das Innere der Fruchtknotenhöhle vordringen (Fig. 164. S. 248), sie sind als Blattbildungen, welche den einwärts geschlagenen Rändern zweier Fruchtblätter entsprechen, zu betrachten (bei der Eiche, Buche, Hainbuche, Erle) (Taf. III. Fig. 7 u. 22 u. Taf. IV. Fig. 4 u. 26). Die ächten mittelständigen Samenträger dagegen ent-

Fig. 165.

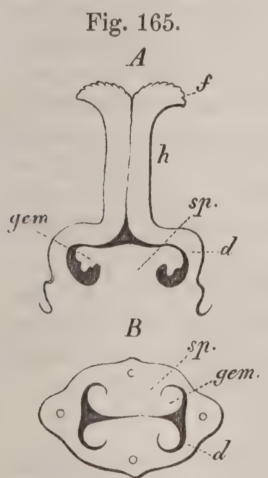
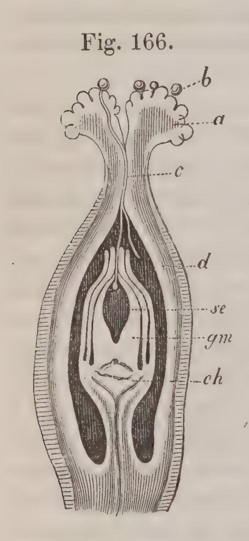


Fig. 165. *A* Längsdurchschnitt durch eine sehr junge Blüthenanlage des Salvei (Salvia nivea); *d* die Wand der Fruchtknotenhöhle; *f* die Narbe; *gem* die Samenknospe; *h* der Staubweg; *sp* der Knospenträger. *B* Querdurchschnitt des Fruchtknotens mit wandständigen Samenträgern; die Bezeichnung wie oben. (40mal vergröſsert.)

stehen aus dem Mittelsäulchen selbst und sind viel seltener; so dafs ich für die Bäume nur die Myrsineen, Ardisia excelsa (Fig. 161. S. 247) und den Sandelholzbaum (Santalum album), als sichere Beispiele anführen kann. Hier darf nur die genaueste Untersuchung, ja zuweilen, z. B. bei den Labiaten, den Borragineen und Sileneen, nur die Entwickelungsgeschichte entscheiden (Fig. 165). Einen einfächerigen Fruchtknoten mit zwei wandständigen Samenträgern besitzt die Weide und die Pappel (Taf. IV. Fig. 52), ferner die Johannisbeere; drei wandständige Samenträger finden wir bei der Eiche und Buche (Taf. III. Fig. 7 und 22), bei den Orchideen und den Veilchenarten. Eine ächte Mittel-Placenta sehen wir bei den Primulaceen, Myrsineen und Santalaceen (Fig. 162. S. 247). Endlich können die Samenknospen noch grundständig sein, indem sowohl die Bildung wandständiger Samenträger als auch des Mittelsäulchens unterbleibt und die Samenknospe direct aus dem Grunde der Fruchtknotenhöhle hervorwächst, wie dies bei der Wallnufs, dem Buchweizen und der Runkelrübe der Fall ist (Fig. 166).

Fig. 166.

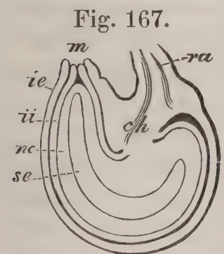


Da wir nun wissen, dafs sich überall, wo ein fortbildungsfähiges Zellgewebe und Gefäfsbündel zusammentreffen, auch Nebenknospen entwickeln können (S. 69); und uns ferner jede sorgfältige Untersuchung des Fruchtknotens zeigt, dafs beide Bedingungen hier gegeben sind, so verliert auch der von Schleiden aufgestellte Satz, dafs jeder Samenträger, mithin jede Fläche, welche Samenknospen entwickelt, ein Stammorgan sein müsse, alle Begründung. Die Samenknospen (gemmulae) aber sind in den meisten Fällen als Nebenknospen zu deuten, denn sie entstehen nur selten in der Achsel eines Blattes, unterscheiden sich aber von den gewöhnlichen Nebenknospen dadurch, dafs sie sich aus der Oberfläche des Samenträgers entwickeln, während die ächte Nebenknospe am Stamm und an der Wurzel in der Rinde entsteht und selbige durchbricht. Die Samenknospe aber mufs an der Oberfläche des Knospenträgers entstehen, weil dort ein fortbildungsfähiges Zellgewebe liegt; die Nebenknospe am Stamm und an der Wurzel dagegen mufs sich am Verdickungsring, also unterhalb der Rinde, bilden, weil nur dort die Bedingungen zu ihrem Entstehen gegeben sind.

Fig. 166. Längsschnitt durch den Fruchtknoten von Polygonum Convolvulus (dem Buchweizen verwandt) zur Blüthezeit; *a* die Narbe; *b* Pollenkörner auf derselben; *c* der Staubweg; *d* die Wand der Fruchtknotenhöhle; *gm* die aufrechte, geradläufige Samenknospe; *sc* der Keimsack oder Embryosack derselben; *ch* die Chalaza oder der Knospengrund, zwei Pollenschläuche treten durch den Staubwegcanal zur Samenknospe hinab. (40mal vergröfsert.)

Der wesentlichste Theil der Samenknospe ist der Knospenkern (nucleus); er entspricht dem Stammtheil einer Knospe und seine Spitze ist deshalb mit dem Vegetationskegel zu vergleichen; dieselbe wird Kernwarze genannt. Der Knospenkern erhebt sich zuerst und unter ihm entstehen, zwar den Blättern ähnlich, die Knospenhüllen (Integumenta), welche mantelartig den Knospenkern überziehen und über dessen Spitze mit einem freien Rande endigen, der einen offenen Canal umgiebt, den man als Knospenmund (Micropyle) bezeichnet (Fig. 68. S. 80). Die Knospenhüllen fehlen bei manchen Pflanzen, z. B. bei den Halorageen und den Santalaceen, desgleichen beim Kaffeebaum; eine einfache Knospenhülle besitzen die Personaten und die Nadelbäume, eine doppelte ist dagegen den Monocotyledonen und vielen Dicotyledonen eigen. Die Zahl der Knospenhüllen läfst sich vielfach nur durch die Entwickelungsgeschichte nachweisen, im Samen selbst ist ihre Zahl nur selten unterscheidbar. Mehr als zwei Knospenhüllen sind nicht bekannt; wenn zwei vorhanden sind, so bildet sich die innere zuerst und bald darauf unter derselben die äufsere, weshalb die Knospenhüllen nicht wohl als Blätter anzusprechen sind, sondern richtiger als mantelartige Erhebungen der Achse (als Discus) gedeutet werden müssen (S. 252); was auch für den Samenmantel (Arillus) gilt, welcher bei Taxus, einer zweiten Knospenhülle ähnlich, die Samenknospe überzieht, aber erst nach der Befruchtung erscheint. Jede Samenknospe ist anfänglich gerade; je nachdem sie aber nach allen Seiten gleichmäfsig ausgebildet wird oder nicht, erscheint sie später geradläufig (orthotrop Fig. 166. S. 250) oder gegenläufig (anatrop Fig. 68. S. 80). In dem ersten Falle liegt die Spitze des Knospenkerns dem Anheftungspunkt der Samenknospe gegenüber und der Knospenkern selbst ist nicht gekrümmt. In dem anderen Falle liegt die Spitze des ebenfalls nicht gekrümmten Knospenkerns neben dem Anheftungspunkte. Krümmt sich endlich der Knospenkern und mit ihm seine Hüllen, so erhalten wir die sichelförmig gebogene Samenknospe (Gemmula lycotropa) der Potamogeton- und Alisma-Arten. Aufserdem giebt es der Zwischenformen noch sehr viele, z. B. eine halbgekrümmte Samenknospe (G. hemilycotropa) bei der Runkelrübe (Fig. 167).

Fig. 167.



Eine in der Regel in der Mitte oder nahe der Spitze des Knospenkerns der Samenknospe gelegene Zelle entwickelt sich darauf, vom Inhalt der sie umgebenden Zellen, welche zusammensinken oder selbst vollständig aufgesogen werden, ernährt, überwiegend und wird alsdann Embryosack oder Keimsack genannt, weil sich in ihr späterhin der

Fig. 167. Samenknospe von Beta vulgaris; *ch* die Chalaza; *ie* das äufsere Integument; *ii* das innere Integument; *nc* der Knospenkern; *se* der Embryosack; *m* der Knospenmund; *ra* die Raphe. (30mal vergröfsert.)

Keim entwickelt. Die Samenknospe der meisten Pflanzen erhält vom Knospenträger aus ein Gefäſsbündel, das häufig am Grunde des Knospenkerns, den man Hagelfleck (Chalaza) nennt, endigt, während der Theil der Samenknospe, in welchem dasselbe verläuft, als Nabelschnur (Raphe) bezeichnet wird.

Auſser den nunmehr ihrem Wesen nach beschriebenen wichtigeren Blüthentheilen spricht die beschreibende Botanik noch von mancherlei, oft nur sehr oberflächlich bekannten Dingen, als Nebenblumenblättern, Nebenstaubfäden, Nectarien u. s. w. In manchen Fällen mögen diese Namen passend sein, in anderen sind sie es durchaus nicht, weshalb man überhaupt viel besser thäte, Gegenstände, deren Bedeutung man nicht mit Sicherheit nachweisen kann, ihrer Stellung und Gestalt nach möglichst genau zu beschreiben, ohne denselben einen bestimmten Namen und damit eine Bedeutung zu geben; unsere Terminologie würde dadurch manchen überflüssigen oder falschen Ausdruck los werden. — Dagegen wird der Discus, eine scheiben-, becher- oder mantelförmige Ausbreitung des Stammtheils der Blüthenknospe, auch für die Blüthenbildung im Allgemeinen wichtig, und kann derselbe sowohl unterhalb sämmtlicher Blüthentheile auftreten, wie bei der Eiche und Buche, wo er die Cupula bildet, als auch scheibenförmig zwischen bestimmten Blattkreisen der Blüthe erscheinen (bei der Weinrebe und dem Ahorn), aber auch mantelartig als Knospenhülle den Knospenkern der Samenknospe überziehen (S. 251).

In der Stellung der Blüthentheile zu einander erscheint eine gewisse Regelmäſsigkeit, der wir schon in der Blattstellung am Stamm begegneten, noch entschiedener ausgeprägt. In der Regel entspricht nämlich die Zahl der Elemente des einen Blattkreises der Zahl in den anderen; ja meistens wechseln (alterniren) auſserdem die Theile des einen Blattkreises noch mit den Theilen des folgenden, wofür die Nachtkerze (Oenothera) (Fig. 163. S. 248) als Beispiel dienen mag. Den vier Kelchblättern (*a*) folgen hier, mit ihnen abwechselnd, vier Blumenblätter (*b*); mit letzteren aber wechseln wieder vier Staubblätter (*c'*), mit denen abermals ein Kreis von vier Staubblättern (*c''*) alternirt; die Anlage des Fruchtknotens (*d*) zeigt endlich vier kleine Erhöhungen, die wieder mit dem letzten Staubblattkreise abwechseln. Wir zählen also in dieser Blüthe fünf viergliederige, mit einander abwechselnde Blattkreise, die nach einander unter dem Vegetationskegel der zur Blüthe werdenden Stammknospe entstanden sind. Erst wenn Narbe und Staubweg (Fig. 163 *Ad.* S. 248) angelegt sind, bildet sich durch Verlängerung des hohlwerdenden Stengels der unterständige Fruchtknoten mit seiner Höhle, in deren Mitte der Vegetationskegel emporsteigt, während vier wandständige Samenträger (Fig. 164. S. 248), die bis zum Centrum vordringen, mit ihm verbunden die untere Hälfte des Fruchtknotens vierfächerig machen. Der Theil (*e*), auf dem die vier äuſseren Blattkreise stehen, verlängert sich bei der Blüthenausbildung zu einer Röhre und der Staubweg wächst für sich allein empor; Kelch, Blumenkrone

und Staubfäden, welche bei der Nachtkerze mit dem Fruchtknoten auf gleicher Höhe entstanden sind, werden deshalb zur Zeit der Blüthenentfaltung von einer langen Röhre (Fig. 163 *Ce*. S. 248) getragen. Der anfangs oberständige Fruchtknoten ist späterhin tief unterständig. Bei der Erdmandel (Arachis hypogaea), die zu den Leguminosen gehört, ist die Entwickelungsweise der Blüthentheile nahebei dieselbe, nur bleibt der Fruchtknoten, aus einem Fruchtblatte entstanden, oberständig. — Bei der Mandel- und der Kirschblüthe zählen wir fünf Kelchblätter, welche mit den fünf Blumenblättern wechseln, dann folgen mehrere Staubblattkreise und zuletzt entsteht der Fruchtknoten aus einem einzigen Fruchtblatt (s. Fig. 159. S. 246). Der Grundtheil der Blüthe, welcher die verschiedenen Blattkreise trägt (der Blüthengrund, Receptaculum), erhebt sich darauf, ähnlich der Nachtkerze, aber in viel geringerem Grade um den Fruchtknoten, so dafs sämmtliche Blattkreise in der entfalteten Kirschblüthe auf dem Rande eines Bechers stehen. — Bei der Lindenblüthe wechseln fünf Kelchblätter mit fünf Blumenblättern, darauf erscheinen mehrere Staubfadenkreise und zuletzt ein fünffächeriger Fruchtknoten (Taf. IV. S. 66—71). Der Grundtheil der Blüthe erhebt sich nicht. Kelch- und Blumenblätter, desgleichen die Staubfäden sind hier am Grunde des Fruchtknotens eingefügt. Bei der Blüthe des Ahorn erscheint noch ein Discus (Taf. IV. Fig. 64 *d*).

Für die beschreibende Botanik wird die Lage des Fruchtknotens zu den übrigen Blüthentheilen sehr wichtig, indem man zwischen einem unter- und oberständigen Fruchtknoten (germen inferum et superum) und demnach zwischen einer ober- und unterständigen Blüthe (flos superus et inferus) unterscheidet. Wenn die Blattkreise, z. B. der Kirsche, auf dem Rande eines Bechers stehen, so redet man ziemlich unpassend auch von einer umständigen Blüthenstellung.

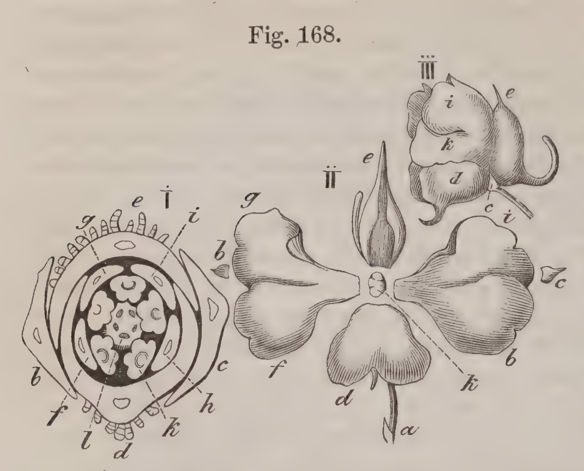
Aber nicht bei allen Pflanzen wechseln die Blätter in den Blattkreisen der Blüthe mit einander, stehen vielmehr gar häufig einander gegenüber; bei der Runkelrübe, wo auf fünf Perigonblätter eben so viele Staubblätter folgen, desgleichen bei Manglesia und Hakea, beides Proteaceen, wo vier Antheren den vier Perigonblättern gegenüberstehen und ein einziges Fruchtblatt den Fruchtknoten bildet. In beiden von mir untersuchten Fällen lassen sich keine Rudimente eines verkümmerten, zwischen der Blüthenhülle und den Staubfäden gelegenen Blattkreises nachweisen. Wir sehen hieraus, dafs die allerdings ungleich häufiger vorkommende, abwechselnde Stellung der Theile auf einander folgender Blattkreise keine ausnahmslose Geltung hat.

In der Regel harmonirt, wie schon erwähnt, die Zahl der Blattelemente der Kelchblatt-, Blumenblatt- und Staubblattkreise mit einander, während die Zahl der Fruchtblätter den vorhergehenden Blattkreisen häufig nicht entspricht; so bei der Kirsche, bei den Leguminosen, Proteaceen, bei Asclepias*) u. s. w. Bei manchen Pflanzen ist aber auch die Zahl der

*) Schacht, das Mikroskop. Taf. II u. III.

Blattelemente in den verschiedenen Kreisen verschieden, z. B. bei den Cruciferen, wo zwei- und viergliederige Blattkreise und bei den Lorbeerarten, wo drei- und sechsgliederige Kreise vorkommen (Fig. 156. S. 245).

Fig. 168.



Bei Impatiens und Balsamina endlich folgt auf einen viergliederigen Kelch- und Blumenblattkreis ein fünfgliedriger Antherenkreis (Fig. 168). Häufiger als die Vermehrung der Glieder eines Blattkreises ist die Verminderung derselben im folgenden Kreise, wo man bisweilen die verkümmerten Rudimente findet, so bei Salvia, wo fünf Kelch- und fünf Blumenblätter mit einander abwechseln und von den fünf, der Anlage nach vorhandenen Antheren nur zwei entwickelt werden; während bei Stachys, derselben Familie angehörig, von fünf Antheren nur eine verkümmert. Bei den Orchideen, mit drei Kelchblättern und drei Blumenblättern, welche mit einander abwechseln, finden wir nur eine oder zwei (Cypripedium) Antheren, und doch muſs die Anlage zu drei Staubblättern gegeben sein, weil bei Limodorum abortivum nicht selten drei Antheren ausgebildet werden (Fig. 169).

Fig. 169.

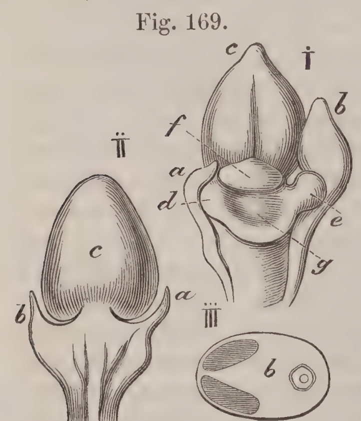
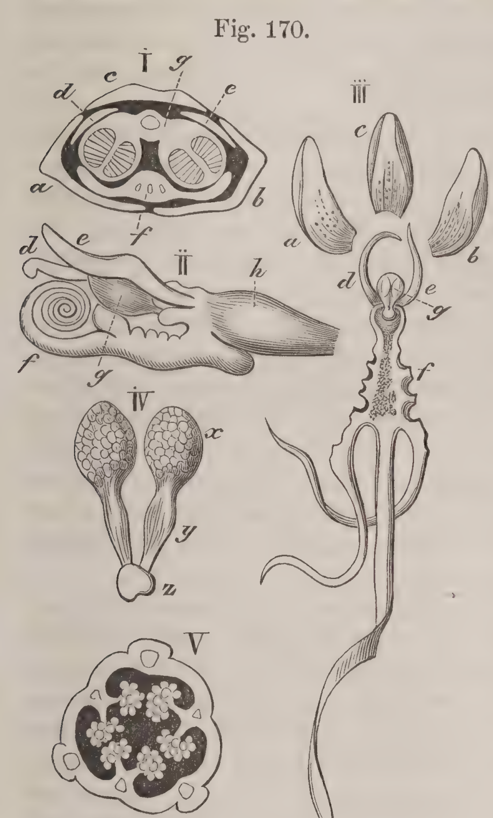


Fig. 168. Balsamina hortensis. I Querschnitt durch die junge Blüthenknospe. (40mal vergröſsert.) II Die offene Blüthe in ihre Theile zerlegt. III Die offene Blüthe von der Seite gesehen; *a* die Bractee; *b*, *c*, *d* und *e* gehören dem ersten viergliederigen Blattkreise der Blüthe; *b* und *c* bleiben klein und grün; *d* bildet das untere gefärbte Blatt mit der dornartigen Verlängerung; *e* dagegen das obere gefärbte Blatt mit dem Sporn; *f*, *g*, *h* u. *i* sind die 4 Blätter des zweiten Kreises, deren fünftes fehlt; *f* u. *g* sowie *h* u. *i* bleiben im unteren Theile verbunden; *k* stellt eine der 5 Antheren dar und *l* eine Höhlung des sich bildenden fünffächerigen Fruchtknotens.

Fig. 169. Limodorum abortivum. I Der Staubblatt- und der Narbenblattkreis der Blüthe von vorn gesehen; *a* u. *b* die beiden seitlichen Blätter des Staubblattkreises, welche normal nicht zur Ausbildung kommen, sondern wie bei *a* verbleiben, während *b* im

Wo ein Theil verkümmert ist, bleibt, wenn nicht ein Rudiment desselben wirklich vorhanden war, seine Stelle offen; so in den genannten Fällen, bei Salvia, Stachys und den Orchideen. Die Mifsbildungen der Blüthe werden hier oftmals sehr lehrreich, indem bei ihnen Theile ausgebildet werden, die normal verkümmern; sie können jedoch ohne Entwickelungsgeschichte auch leicht zu argen Mifsgriffen in der Deutung führen.

Fig. 170.



Die Regelmäfsigkeit der Blüthen wird überdies noch durch eine ungleiche Ausbildung der Theile eines Blattkreises, desgleichen durch nicht erfolgte Trennung, mehrerer Blätter eines Kreises gestört. Bei Impatiens und bei Balsamina bleiben zwei Blätter des Kelchkreises klein und grün gefärbt, während die beiden anderen Blätter desselben Kreises, einander gegenüberstehend, gleich den Blumenblättern farbig werden und das eine, kapuzenartig entwickelt, einen Sporn erhält; von den vier Blumenblättern aber bleiben je zwei mit einander vereinigt (Fig. 168. S. 254). Aus der entwickelten Blume selbst kann man jetzt die Bedeutung ihrer einzelnen Theile nicht mehr erfahren. Bei den Orchideen wird ein Blatt der Blumenkrone als Lippe (Labellum), häufig mit einem Sporn versehen, vorwiegend entwickelt. Die Orchideen zeigen überhaupt in ihrer Blüthe eine Mannigfaltigkeit der Formen, wie selbige keine andere Pflanzenfamilie aufzuweisen vermag. Die Blüthe der einen gleicht einer

vorliegenden Falle eine halbe (zweifächerige) Anthere (III) gebildet hat; *c* die normal immer ausgebildete, vollkommene (vierfächerige) Anthere; *d* u. *e* die beiden seitlichen Narbenblätter, welche normal als kleine Warzen wie bei *d* verbleiben, während sich bei *e* das Narbenblatt mehr entwickelt hat; *f* das normal immer ausgebildete Narbenblatt; *y* die secernirende Oberfläche des Grundtheils der Narbe. II Die 3 Staubblätter bei normaler Ausbildung in der Rückenansicht. III Querdurchschnitt der Anthere I *b*. (I und II 6mal, III 8mal vergröfsert.)

Fig. 170. Himantoglossum hircinum. I Querschnitt durch die Blüthenknospe. II Die Blüthenknospe von der Seite gesehen, nach Entfernung der 3 Blätter des ersten Kreises.

Fliege (Ophrys muscifera), die der anderen ähnelt einer Spinne (Ophrys arachnites), die Blume der dritten hat eine lange bandförmige Lippe (Himantoglossum) (Fig. 170) u. s. w. In der Anlage sind alle diese Blüthen mehr oder weniger sich gleich gebaut und die Verschiedenheit der Formen entwickelt sich erst bei der Ausbildung ihrer Theile. — Staubblätter mit gruppenweise vereinigten Filamenten finden wir in den Familien der Fumariaceen, Polygaleen und Hypericineen*).

Aufser den bisher besprochenen, nicht schwankenden Zahlenverhältnissen zeigen sich in bestimmten Blüthentheilen noch schwankende Zahlenverhältnisse. Wo viele Staubblattkreise vorhanden sind, kommen namentlich die einzelnen Glieder der letzten Kreise nicht immer zur Ausbildung. Die Blüthenhülle der männlichen Eichenblüthe zählt meistens fünf Blättchen, die Blüthe enthält fünf bis zehn Staubfäden. Die weibliche Blüthe desselben Baumes hat in der Regel drei Narben, der einfächerige Fruchtknoten zeigt alsdann gleichfalls drei wandständige (Taf. III. Fig. 7) Samenträger; Blüthen desselben Stammes besitzen dagegen nicht selten nur zwei Narben und ihnen entsprechend auch nur zwei Samenträger; bei der ächten Kastanie aber findet man zwei bis sieben Narben und dem entsprechend ebenso viele Samenträger. Beim Fichtenspargel erscheinen Blüthen mit vier- und mit fünf- (bei der Endblüthe) gliederigen Blattkreisen; auch die Kürbis- und Gurkenarten zeigen in der Zahl ihrer Narben und wandständigen Samenträger ein Schwanken.

Von einem Verkümmern ganzer Blattkreise oder einzelner Theile vorhandener Kreise kann für mich nur da die Rede sein, wo entweder ein Rudiment, d. h. eine Anlage des Fehlenden, vorhanden oder mindestens ein leerer Raum für die verkümmerten Theile mit Sicherheit nachzuweisen ist. Wo aber beide Fälle nicht eintreten, da mufs ich die Annahme einer Verkümmerung oder eines Fehlschlagens durchaus von der Hand weisen. Für die Natur selbst scheint die Zahl von keiner Bedeutung, denn sie ist sowohl in der Blattstellung der Blüthe, als auch in der Blattstellung am Zweige, nur eine Folge bestimmter Bildungsgesetze unter dem Vegetationskegel der Knospe, deren erste Ursache wir zur Zeit nicht kennen.

III Sämmtliche Blätter der Blüthe von oben gesehen; *a*, *b* und *c* die Blätter des ersten Kreises; *d*, *e* und *f* die Blätter des zweiten Kreises; *f* ist als Lippe ausgebildet, welche in der Knospenlage einer Uhrfeder gleich aufgerollt erscheint und der auch der Sporn angehört. Von dem dritten Blattkreise ist nur ein Blatt als sitzende vierfächerige Anthere (*g*) ausgebildet. IV Die Pollenmassen (*x*) der Anthere sammt ihrem Stiel (*y*) und der sogenannten Drüse, dem Retinaculum (*z*). V Querschnitt durch den Fruchtknoten, dessen wandständige Samenträger gespalten sind. (III in natürlicher Gröfse.)

---

*) Linne's sechszehnte bis achtzehnte Klasse nämlich: Monadelphia, wohin die Malven, Diadelphia, wohin die Erdraucharten (Fumaria) und Polyadelphia, wohin die Hypericineen gehören.

Bei allen Blumen, welche mit einem Kelch und einer Blumenkrone versehen sind, hat man im Interesse der beschreibenden Botanik noch auf die Lage dieser Theile in der Blüthenknospe (Aestivatio) zu achten. Man unterscheidet namentlich 1. eine klappenförmige Knospenlage (A. valvata), wo sich die Theile eines Blattkreises mit ihren Rändern berühren, ohne sich zu decken (der Kelch der Linde und der Malvaceen); 2. eine ziegeldachartige Knospenlage (A. imbricata), wenn sich die Ränder der Theile gegenseitig decken (der Kelch und die Blumenkrone der Ranunculaceen); 3. eine gedrehte Knospenlage (A. contorta), bei der Blumenkrone des Stechapfels und der Solaneen und Gentianeen überhaupt.

Die Farbenpracht der Blumen beruht auf der Anwesenheit gefärbter Zellensäfte, und werden die Schattirungen und farbigen Zeichnungen der Blumenblätter durch die verschiedene Färbung des Saftes neben einander liegender Zellen veranlafst; diese aber deutet auf chemische Verschiedenheiten des Zelleninhalts, die eine Folge der verschiedenen Lebensweise und demnach der verschiedenen Bedürfnisse ist, so dafs sich aus dem ungleichen Verhalten der Zellen auch die ungleichen Färbungen ihres Saftes und damit die bunten Zeichnungen der Blumenblätter erklären lassen. Wie in der Rinde bestimmte Zellen Krystalle enthalten, andere dagegen Stärkmehl und noch andere Blattgrün bilden, so führen auch im Blumenblatt bestimmte Zellen oder Zellenreihen ebenso bestimmte chemische Stoffe.

Die Riechstoffe der Blätter, aus ätherischen Oelen oder Aetherarten bestehend, werden zunächst in den Blumenblättern entwickelt. Die Oberhaut der gefärbten Blumenblätter ist, soweit mir bekannt, niemals mit Spaltöffnungen versehen, welche der Unterseite der g r ü n e n Kelchblätter nur selten fehlen; das Kelchblatt ist überhaupt in seinem Bau dem Laubblatt ungleich ähnlicher, als das Blumenblatt. Die Farben und die Gerüche entwickeln sich in der Regel erst bei der Entfaltung der Blüthe (die Blüthenknospen der später so stark riechenden Bocksorchis sind fast geruchlos und für die duftende Blüthe der Platanthera gilt dasselbe). Die Farben erscheinen in vielen Fällen, z. B. bei der Bocks- und bei der Spinnenorchis (Himantoglossum und Ophrys arachnites), erst unter der Einwirkung des Lichtes (s. S. 241).

Nachdem wir jetzt die einzelnen Blüthentheile und ihre Stellung zu einander in der Blüthe betrachtet haben, wenden wir uns zu der Stellung der letzteren an der Pflanze selbst. Die Blüthe kann, wie wir gesehen, aus einer Endknospe oder aus einer Achselknospe hervorgehen; sie kann als E i n z e l b l ü t h e auftreten, aber auch mit anderen Blüthen an einem gemeinsamen Blüthenzweige vereinigt einen B l ü t h e n s t a n d (Inflorescentia) bilden. Dieselben Verschiedenheiten, welche bei der Zweigbildung zu beachten sind, treten nun auch bei der Bildung des Blüthenstandes hervor, und kommt es hier wie dort zunächst auf die Weise, in welcher die Seitenzweige am Hauptzweige auftreten und auf die Art der Ausbildung der Stengelglieder des letzteren an (Fig. 171). Verlängern sich die Stengel-

glieder zwischen den entstandenen Seitenknospen, so werden die blüthentragenden Seitenorgane der Höhe nach von einander gerückt und es entsteht eine Aehre (Spica) oder eine Traube (Racemus); verlängern sie sich nicht, so bildet sich ein Köpfchen (Capitulum) oder eine Dolde (Umbella). Verzweigen sich die Seitenzweige wieder, so entsteht eine zusammengesetzte Aehre, Traube oder Dolde. Der männliche Blüthenstand vieler Laubbäume (die Kätzchen), desgleichen der weibliche Blüthenstand der Erle, Weide, vieler Nadelhölzer u. s. w. sind wahre Aehren, indem ein Hauptzweig (die Spindel, rachis) ungestielte oder kurzgestielte Blüthenknospen trägt. Die männliche Blüthe der Nadelhölzer ist dagegen kein Blüthenstand, sie entspricht vielmehr einem Zweige, dessen Blätter zu Antheren geworden sind und ist deshalb eine Einzelblüthe mit zahlreichen Antheren, welche hier nicht als Kreise, sondern in spiraliger Anordnung auftreten. Der männliche sowohl als der weibliche Blüthenstand der Platane ist ein Köpfchen, von einem besonderen Blüthenzweig getragen; der Blüthenstand der Kirsche ist eine Dolde; bei der Ulme (Taf. IV. Fig. 60) büschelförmig entspricht derselbe bei der Roſskastanie einer zusammengesetzten Traube.

Die weibliche Blüthe des Eibenbaumes (Taxus) zeigt uns die einfachste, überhaupt bekannte Blüthe, welche aus einem kleinen, mit schuppenartigen Blättern bekleideten Seitenzweig hervorgeht, dessen Vegetationskegel zur geradläufigen, von einer einzigen Knospenhülle umgebenen Samenknospe geworden ist (Fig. 172). Erst nach der Bestäubung entwickelt

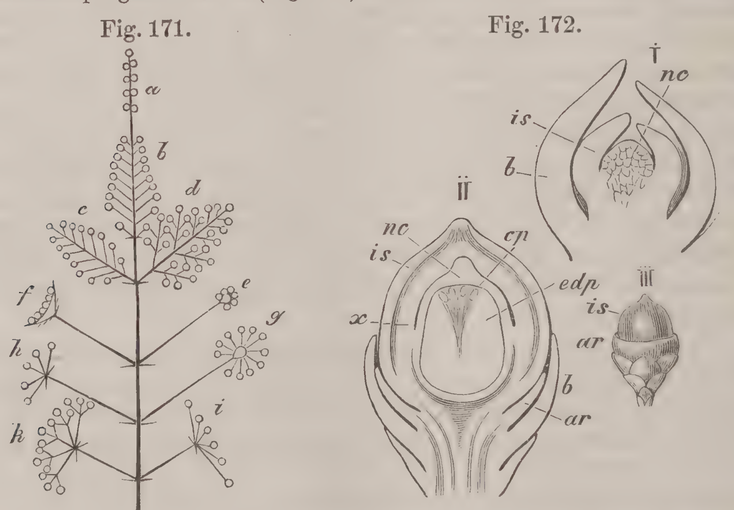


Fig. 171. Die Hauptformen der Blüthenstände, schematisch; *a* die Aehre (spica); *b* die Traube (racemus simplex); *b* mit *c* die einfach zusammengesetzte Traube; *b* mit *d* die doppelt zusammengesetzte Traube; *e* das Köpfchen (capitulum); *f* der Blüthenstand der Compositen; *g* die Kugeldolde (umbella globosa); *h* die Dolde (umbella); *i* die Form der Dolde mit flacher Oberfläche; *k* die zusammengesetzte Dolde.

sich die zweite Knospenhülle, welche hier Samenmantel (Arillus) genannt wird und die rothe saftige Hülle, welche den reifen Samen umgiebt, erzeugt. Bei Taxus fehlen alle Blüthenhüllen, weder Kelch- noch Blumenblätter sind vorhanden; ebenso bei Podocarpus, wo ein kleiner achselständiger Zweig mehrere gegenläufige Samenknospen als Achselknospen trägt, denen der Arillus mangelt (Fig. 173). Der weibliche Blüthenstand oder Zapfen der Tanne, Fichte, Kiefer und Lerche ist eine Aehre; um einen Hauptstamm, der als Spindel (rachis) auftritt, bilden sich in der Achsel von Deckschuppen (*a*), welche Blättern entsprechen, Knospen (*b*) (Fig. 67. S. 76), die keine Blätter bilden, sich auch nicht als Zweig entwickeln, vielmehr an der Basis ihrer Innenseite zwei Samenknospen erzeugen, deren Knospenmund am Grunde der Schuppe liegt (Fig. 174 und

Fig. 173.

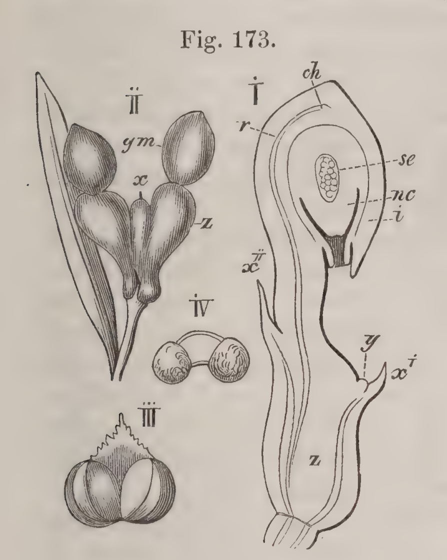


Fig. 174.

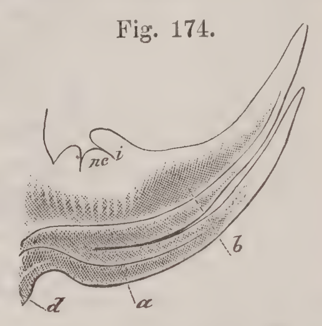


Fig. 172. Taxus baccata. I Die junge Samenknospe als Endknospe eines Zweiges im Längsschnitt; *is* das einfache Integument; *nc* der Knospenkern der geradläufigen Samenknospe; *b* Blätter des Zweiges. II Die Samenknospe zur Zeit der Befruchtung im Längsschnitt; *cp* die Corpuscula im Sameneiweifs (*edp*); *x* die später in den inneren Theilen holzig werdende Samenschale, aus dem einfachen Integument entstanden; *ar* der Anfang des Arillus. III Ein halbreifer Same; der Arillus (*ar*) bekleidet denselben erst bis zur Hälfte. (I 50 mal, II 5 mal vergröfsert.)

Fig. 173. Podocarpus lanceolata. I Längsschnitt durch den weiblichen Blüthenstand; x^{I} u. x^{II} schuppenartige Deckblätter für die nackte, achselständige Samenknospe, welche nur bei x^{II} zur Ausbildung gekommen ist, bei x^{I} aber als kleine warzenförmige Erhebung (*y*), als Vegetationskegel einer Knospe, verblieben ist. Das Stengelglied *z* des Blüthenstandes schwillt später an und wird fleischig; die gegenläufige Samenknospe hat zwei Integumente (*i*), welche jedoch nur an ihrer Spitze getrennt sind; *nc* der Knospenkern; *se* der Embryosack; *ch* die Chalaza; *r* die Raphe oder das Gefäfsbündel der Samenknospe. II Ein halbreifer Samenstand mit zwei ausgebildeten Samenknospen (*gm*); *x* das Deckblatt einer fehlgeschlagenen Samenknospe. III Das Staubblatt von Podocarpus Sellowii. IV Ein Pollenkorn aus demselben. (I und III sind 10 mal, IV ist 200 mal vergröfsert, II dagegen ist in natürlicher Gröfse dargestellt.)

Fig. 174. Längsschnitt durch eine Samenschuppe (*b*) des jungen Fichtenzapfens mit

Fig. 175.

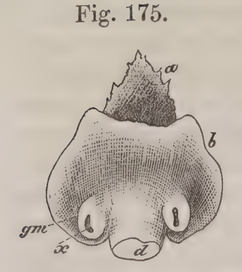
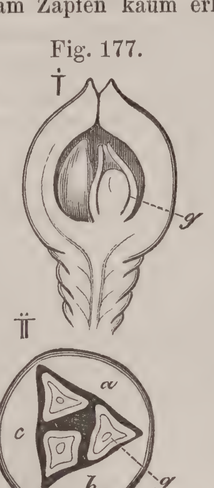


Fig. 175); die Samenknospe besitzt eine einfache Knospenhülle. Bei der Tanne und bei der Lerche entwickeln sich die Deckschuppen mit der in ihren Achseln entstandenen Samenschuppe gleichmäfsig weiter, die Deckschuppen ragen deshalb im Zapfen beider über die Samenschuppen hervor (Taf. I. Fig. 1 und Taf. 2. Fig. 26). Bei der Fichte und Kiefer bleiben diese Deckschuppen klein und sind am Zapfen kaum erkennbar (Taf. I. Fig. 27 und Taf. II. Fig. 6). Der weibliche Blüthenstand der Cupressineen ist gleichfalls eine Aehre, die jedoch nur aus Deckblättern besteht, in deren Achsel ein oder mehrere geradläufige Samenknospen auftreten (Fig. 176). Beim Wachholder aber bilden die drei letzten Blätter des achselständigen Blüthenstandes, welche sich, einem Fruchtknoten gleich, als geschlossene Hülle um drei geradläufige Samenknospen erheben, die Scheinbeere (Fig. 177), deren Spitze noch im reifen Zustande die Spuren der drei nicht getrennten Blätter zeigt. — Während bei den Cupressineen schon die Samenschuppe der Abietineen fehlt und die Samenknospen frei in der Achsel der Deckblätter auftreten, trägt bei Araucaria

Fig. 176.



Fig. 177.



ihrem Stützblatt (a); d die Spindel (Achse) des Zapfens; nc der Knospenkern (nucleus) der einen auf der Samenschuppe sitzenden Samenknospe; i deren einfaches Integument. (50 mal vergröfsert.) (21. Mai 1853.)

Fig. 175. Eine junge Samenschuppe (b) mit ihrem Stützblatt (a) von einem Fichtenzapfen, welcher noch innerhalb seiner Knospendeckschuppen lag (21. Mai 1853); d die Ablösungsstelle vom Zapfen; gm die Samenknospe; x der einfache Knospenmund derselben. (15 mal vergröfsert.)

Fig. 176. Thuja aurea. Weiblicher Blüthenstand im Längsschnitt; x die Samenschuppe, in deren Achsel eine oder zwei aufrechte geradläufige Samenknospen (y) stehen; b die Blätter am unteren Theile des Blüthenstandes. (10 mal vergröfsert.)

Fig. 177. Juniperus communis. I Längsschnitt durch die Scheinbeere im zweiten Frühling; g eine der 3 aufrechten Samenknospen. II Querschnitt; a, b, c die 3 ungetrennten Blätter, welche die Scheinbeere bilden und gleich einem Fruchtknoten die Samen umschliefsen; g eine der 3 Samenknospen, welche nicht in der Achsel der 3 Blätter stehen, sondern mit ihnen abwechseln. (5 mal vergröfsert.)

jedes Deckblatt des Zapfens selbst die Anlage zu einer gegenläufigen Samenknospe, welche aber nicht überall zur Ausbildung gelangt (Fig. 178). Der sehr grofse Zapfen hat selten über 40 entwickelte Samen.

Fig. 178.

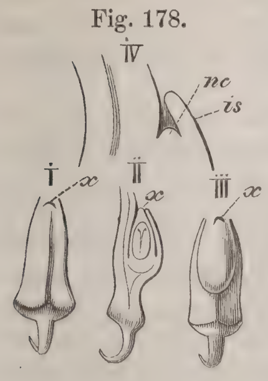
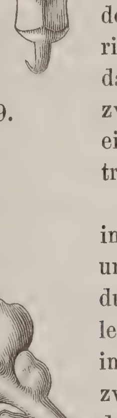


Fig. 179.



Die Abietineen, Cupressineen und Araucaria besitzen also einen Zapfen, der einem ährenförmigen Blüthenstande entspricht, an welchem entweder die Deckblätter oder die Samenschuppen mehr oder weniger verholzt sind; die Cycadeen aber bilden entweder einen den Cupressineen entsprechenden weiblichen Blüthenstand (einen Zapfen) (Zamia und Makrozamia), oder sie treiben einen Wedel, der anstatt der unteren Einzelblätter Samenknospen trägt (Fig. 179). Der Zapfen entsteht bei der Tanne vereinzelt auf der Oberseite eines jährigen Gipfelzweiges (Taf. I. Fig. 5 x), bei der Fichte dagegen meistens aus der Endknospe eines Seitenzweiges (Taf. I. Fig. 27) und bei der Lerche aus einer Knospe, die bereits einen Blätterkranz getrieben hat (Taf. II. Fig. 23).

Der Zapfen der drei genannten Bäume wird im Sommer (Ende Juli) angelegt und überwintert unter dem Schutze der Deckschuppen seiner Knospe, durchbricht darauf im kommenden Frühjahr die letzteren, wird bestäubt und reift seinen Samen im Herbst des Jahres; sein Leben dauert also zwölf bis dreizehn Monate. Die Kiefer entwickelt dagegen ihren weiblichen Blüthenstand im Frühjahr dicht unter der Endknospe ihres neuen Triebes, an derselben Stelle, wo sonst, quirlförmig gestellt, Zweige entstehen (Taf. II. Fig. 1 und 2); der jugendliche, anfangs aufrecht stehende Zapfen der Kiefer wird bald darauf bestäubt und wendet sich abwärts, entwickelt sich aber in demselben Sommer nur sehr wenig, seine Fruchtschuppen verkleben mit einander und die Pollenschläuche bleiben unthätig in dem Gewebe des Knospenkernes liegen. Der junge Kiefernzapfen überwintert darauf frei und entwickelt sich erst im kommenden Frühjahr weiter; im Herbst sind seine Samen reif, aber erst im Frühling des zweiten Jahres öffnen sich durch die Sonnenwärme seine

Fig. 178. Araucaria brasiliensis. Schuppen des weiblichen Blüthenstandes oder des jungen Zapfens zur Blüthezeit. I Eine Schuppe, deren Samenknospe x nicht ausgebildet wurde, von oben gesehen. II Eine Schuppe mit ausgebildeter Samenknospe im Längsschnitt; x der Knospenmund. III Eine derartige Schuppe von oben gesehen. IV Der Theil x der Schuppe I im Längsschnitt (8 mal vergröfsert); nc der Knospenkern der angelegten Samenknospe; is deren einfaches Integument.

Fig. 179. Samenstand von Cycas revoluta. (5 mal verkleinert.) x Reifer Same.

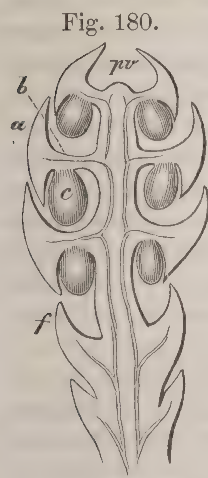
Schuppen, worauf der geflügelte Same vom Winde entführt wird. Das Leben des Kieferzapfens dauert, wenn wir vom Entstehen desselben bis zur Reife des Samens zählen, mindestens achtzehn bis zwanzig Monate und gilt dasselbe für alle wahren Pinus-Arten. Die Pinie (Pinus Pinea) braucht sogar noch ein Jahr länger; man findet sie mit einjährigen, zweijährigen und dreijährigen Zapfen, ebenso verlangt der Wachholder drei Jahre, um seine Samen zu reifen.

Die männliche Blüthe der Nadelhölzer gehört, wie schon bemerkt worden, zu den Blumen der einfachsten Art, sie entspricht einem Zweige, dessen Blätter fast sämmtlich als Staubfäden ausgebildet sind; nur die untersten Blätter dieses Zweiges sind schuppenartig entwickelt (Taf. I. Fig. 18 u. 37. Taf. II. Fig. 15, 16 u. 31). Die Anlage der männlichen Blüthe entsteht bei allen mir bekannten Nadelbäumen, die Kiefer nicht ausgenommen, im Spätsommer unter dem Schutz von Deckschuppen (Fig. 66. S. 76). Im Frühjahr bricht diese Blüthe hervor, ihr zartes Stielchen verlängert sich und sie erhebt sich mehr oder weniger über die Hülle ihrer Deckschuppen. Bei der Tanne und Fichte hängt sie an einen ziemlich langen zarten Stiel herab (Taf. I. Fig. 18 u. 37), bei der Kiefer und der Lerche bleibt sie dagegen kurz gestielt (Taf. II. Fig. 14, 15 u. 23 *m*). Die zweifächerigen Antheren öffnen sich, der Blüthenstaub entfliegt und das zarte saftige Stielchen, der Stammtheil der Blüthe, vertrocknet; mit ihm aber welkt die letztere, dagegen bleiben die Deckschuppen der männlichen Knospe bei der Tanne als Blüthennester noch mehrere Jahre am Zweige (S. 79).

Die männlichen Blüthen der Tanne erscheinen an der Unterseite jähriger Gipfelzweige in den Achseln der Nadeln, bei der Fichte dagegen am jährigen Zweige und bilden sich bei der Lerche, gleich dem Zapfen, aus der Knospe eines verkürzten Zweiges, der vormals einen Blätterquirl getragen hat; schon im Herbst erkennt man hier die Blüthenknospen als braune, schwach gewölbte Wärzchen, von einem Nadelkranz umgeben (Taf. II. Fig. 37). Die männlichen Blüthen der Kiefer entwickeln sich dagegen aus den Achselknospen der unteren Hälfte des jungen Triebes, die, wenn der Zweig nicht blühte, Doppelnadeln entwickeln würden (Taf. II. Fig. 14 *m*). Zahlreiche männliche Blüthen umgeben deshalb den unteren Theil des jungen Triebes der Kiefer, dessen obere Hälfte Doppelnadeln trägt und man ersieht aus diesem Falle, dafs die Blüthenknospe, der Anlage nach, von der Nadelknospe nicht wesentlich verschieden ist. Nach der Kräftigkeit des Baumes vermehrt sich bei der Kiefer mit der Länge des Triebes auch die Zahl der Blüthen. Wenn letztere verblüht und abgefallen sind, erkennt man den männlichen Zweig an der von Nadeln entblöfsten unteren Hälfte seiner jungen Triebe. Die männliche Blüthe der Araucaria und der Cupressineen, desgleichen des Taxus unterscheidet sich von der Blüthe der Abietineen nur durch die Ausbildungsweise der Staubblätter, welche nicht wie dort zweifächerige Staubbeutel besitzen, sondern an ihrer Unterseite mehrere Pollensäcke tragen (Fig. 180), was bei den

Cycadeen wiederkehrt, wogegen Podocarpus in seiner männlichen Blüthe den Abietineen entspricht.

Fig. 180.



Unter den Amentaceen, welche sämmtlich getrennten Geschlechtes sind und sich zunächst durch den männlichen Blüthenstand, welcher ein sogenanntes Kätzchen (Amentum), d. h. eine herabhängende Aehre bildet, desgleichen durch einen eiweifslosen Samen, charakterisiren, sind die wahren Cupuliferen, nämlich die Gattungen: Quercus, Fagus und Castanea in der männlichen Blüthe durch eine meistens fünftheilige Blüthenhülle, welche, ohne ein Stützblatt zu besitzen, einzeln an der Spindel des Blüthenstandes auftritt (Taf. III. Fig. 1 und 20) und durch vierfächerige Staubblätter mit ungetheiltem Träger ausgezeichnet (Taf. III. Fig. 13—15 und 31). Die weibliche Blüthe der ächten Cupuliferen hat eine wahre Cupula, welche aus einem Discus, der unter seinem Rande, indem er fortwächst, Blätter bildet, entsteht. Bei der Eiche ist diese Cupula napfförmig, sie umfafst nur den Grundtheil einer reifen Frucht (Taf. III. Fig. 3, 4, 6 und 9), bei der Buche und bei der Kastanie bildet sie dagegen eine viertheilige vollkommene Hülle, welche bei der Buche zwei, bei der Kastanie dagegen zwei bis acht Fruchtknoten einschliefst (Taf. III. Fig. 21 u. 24). Jeder Fruchtknoten der ächten Cupuliferen ist unterständig, er trägt zwei bis sieben Narben und in der Regel unter denselben eben so viele später mit den Narben vertrocknende Perigonblättchen (Taf. III. Fig. 5, 6 und 21). Die Fruchtknotenhöhle hat wandständige Samenträger, deren Zahl den vorhandenen Narben entspricht (Taf. III. Fig. 7 u. 22); jeder Samenträger bildet zwei gegenläufige Samenknospen mit doppelter Knospenhülle (Taf. III. Fig. 7, 8 u. 22, 23). Die Samenträger sind alle fruchtbar, aber dennoch kommt in der Regel nur ein Same zur Reife. Die untere Hälfte des Fruchtknotens ist durch Vereinigung des Mittelsäulchens mit den wandständigen Samenträgern mehrfächerig geworden (Taf. III. Fig. 21). Beim Keimen der Samen bleiben die beiden stärkmehlhaltigen Samenlappen der Eiche und der Kastanie im Boden (Taf. III. Fig. 11), während die Buche ihre beiden Samenlappen als grofse grüne Blätter über der Erde entfaltet (Taf. III. Fig. 29).

Den ächten Cupuliferen am nächsten reiht sich die Wallnufs (Juglans) an. Die männliche Blüthenähre besitzt nämlich wie diese einzelne Blüthen, welche aus einer fünftheiligen Blüthenhülle und aus einer

Fig. 180. Cupressus horizontalis. Ein Längsschnitt durch die Mitte der männlichen Blüthenachse. *pv* Der Vegetationskegel der Blüthenachse; *a* das schildförmige Ende des Staubblattes; *b* der Staubblattträger, an dem die Pollensäcke (*c*) hängen; *f* schuppenförmige Blätter an der Basis der Blüthenachse (12 mal vergröfsert).

nicht fest bestimmten Anzahl von Staubblättern bestehen, die vierfächerig und mit ungetheiltem Filament versehen sind. Das Deckblatt (die Bractea), welche bei den wahren Cupuliferen gänzlich fehlt, ist hier als kleine Schuppe vorhanden. Bei der weiblichen Blüthe, welche aufser einem Discus noch drei zweigliederige Blattkreise, die als oberständige Blüthenhülle und als zwei sehr entwickelte Narbenblätter auftreten, besitzt, bleibt der Discus unentwickelt und wird bei der Ausbildung des Fruchtknotens mit emporgehoben; hier fehlt deshalb die Cupula. Zwei wandständige Samenträger bleiben bei der Wallnufs unfruchtbar, dagegen trägt das Mittelsäulchen die einzige aufrechte Samenknospe, welche nur eine einfache Knospenhülle besitzt. Aus den beiden sterilen Samenträgern entwickelt sich später die Naht der beiden holzigen Schalenhälften. Die Wallnufs keimt der Eiche ähnlich, indem ihre ölhaltigen Samenlappen in der Fruchtschale bleiben.

Die Carpineen nach Döll, wohin Carpinus und Corylus, ja wie ich vermuthe auch Ostrya gehören, tragen an der männlichen Blüthenähre in der Achsel eines sehr entwickelten Deckblattes Staubblätter mit gespaltenem Filament, so dafs jede Staubblatthälfte zweifächerig erscheint (Taf. IV. Fig. 20). Da eine Blüthenhülle fehlt, so läfst sich nicht sicher bestimmen, ob die in der Achsel eines Deckblattes vorhandenen Staubblätter einer oder mehreren Blüthen angehören; für die Haselnufs werden jedoch, der Erle entsprechend, zwei Blüthen wahrscheinlich. Jede Staubblatthälfte ist mit einem Haarschopf versehen. — Der weibliche Blüthenstand ist, gleich dem männlichen, ährenförmig. In der Achsel eines Deckblattes entstehen zwei Blüthenanlagen, welche zuerst ein Blatt, das zur falschen Cupula wird (x), und darauf einen Blattkranz (p) und zwei Narbenblätter entwickeln (Taf. IV. Fig. 1 u. 13), die Fruchtknotenhöhle entsteht alsdann unter diesen beiden Blattkreisen (Taf. IV. Fig. 3 u. 16). Im unterständigen Fruchtknoten bilden sich darauf zwei wandständige Samenträger, von denen jedoch nur einer fruchtbar ist (Taf. IV. Fig. 4 u. 15); dieser eine bildet zwei gegenläufige Samenknospen mit einfacher Knospenhülle (Taf. IV. Fig. 5). In der Regel kommt nur ein Same zur Reife (Taf. IV. Fig. 17). Bei der Hainbuche bleibt die falsche Cupula als offenes Blatt; bei der Haselnufs bildet sie eine die Frucht eng umschliefsende Hülle. Beim Keimen der Haselnufs bleiben die beiden Samenlappen in der Erde und bei der keimenden Hainbuche werden dieselben als grüne Blätter entfaltet.

Bei den Betulineen (Betula und Alnus) trägt die männliche Aehre in der Achsel von Deckblättern zwei (Betula) oder drei (Alnus) Blüthen, welche bei der Birke aus einer zweiblätterigen Blüthenhülle und aus zwei Staubblättern, bei der Erle dagegen aus einer vierblätterigen Blüthenhülle und aus vier Staubblättern bestehen (Taf. IV. Fig. 36 u. 30. Jedes Staubblatt ist durch die Spaltung seines Trägers in zwei gleiche Hälften getheilt (Taf. IV. Fig. 37); der Haarschopf auf dem Scheitel jeder Staubblatthälfte, welche den falschen Cupuliferen eigen ist, mangelt. Der weibliche

Blüthenstand ist gleichfalls eine Aehre; in der Achsel jedes Deckblattes treten bei der Erle zwei, bei der Birke dagegen drei Blüthenanlagen hervor. Jede weibliche Blüthe besteht hier nur aus zwei Narbenblättern, welche, indem sich ihr Grundtheil als ein Ganzes erhebt, unter sich allmälig eine Fruchtknotenhöhle bilden (Taf. IV. Fig. 25 u. 26), in welcher zwei wandständige Samenträger, von denen nur einer fruchtbar ist, erscheinen (Taf. IV. Fig. 26 u. 41). Die beiden Samenknospen dieses Samenträgers sind gegenläufig uud mit einfachem Integument versehen (Taf. IV. Fig. 40). Bei Alnus zeigt sich am Grunde jedes Fruchtknotens noch ein kleines Blatt, welches vielleicht die Anlage zu einer falschen Cupula vorstellen möchte. Die Erle steht überhaupt den Carpineen in Betreff ihres Holz- und Rindenbaues viel näher als die Birke. Die Deckblätter der weiblichen Aehren verholzen bei der Erle, ihr Blüthenstand entspricht deshalb etwa dem Cupressus-Zapfen; bei der Birke fallen dagegen die Deckblätter sammt den reifen Früchten, den Samen der Tanne ähnlich, von der Spindel. Der keimende Birken- und Erlensame hebt seine beiden Samenlappen als grüne Blätter über die Erde (Taf. IV. Fig. 46 u. 33).

An die Betulineen schliefst sich nunmehr die neuholländische Familie der Casuarineen, desgleichen die Familie der Salicineen, zu welcher unsere Weide und Pappel gehören. Sowohl der männliche als der weibliche Blüthenstand der Salicineen sind hängende Aehren (Kätzchen). In der Achsel eines jeden Deckblattes entsteht nur eine Blüthe, welche am männlichen Kätzchen aus 2—5 vierfächerigen Staubfäden mit ungetheiltem Filament, bei dem weiblichen Kätzchen dagegen aus einem Fruchtknoten mit zwei Narben besteht; häufig ist in beiden Fällen noch ein napfförmiger Discus vorhanden. Der Fruchtknoten trägt an zwei wandständigen Samenträgern zahlreiche Samenknospen (Taf. IV. Fig. 47—52). — Der keimende Pappel- und Weidensame entfaltet seine beiden Samenlappen als grüne Blätter.

Blicken wir jetzt rückwärts, so erscheint bei den wahren Cupuliferen und bei den Juglandeen nur der männliche Blüthenstand als Aehre (Kätzchen), von da ab werden aber beide Blüthenstände ährenförmig. Nur die wahren Cupuliferen haben eine ächte Cupula; bei der Wallnufs kommt der Discus, welcher sie bilden müfste, nicht mehr zur Ausbildung (S. 264). Die falsche Cupula der Hainbuche und der Haselnufs entsteht dagegen aus einem Blatte, sie ist deshalb mit der ächten Cupula, welche einem hohlen Stammorgan, das aus sich Blätter bildet, entspricht, gar nicht zu vergleichen. Die Hainbuche und die Haselnufs stehen überhaupt schon wegen der Art ihres Blüthenstandes den Betulineen viel näher, sie unterscheiden sich von ihnen nur durch die falsche Cupula und durch den Blattkranz unterhalb der beiden Narben, welcher den Betulineen mangelt, im Uebrigen haben sie wie diese einen fruchtbaren und einen unfruchtbaren Samenträger und Samenknospen mit einfachem Integument, während bei den ächten Cupuliferen alle Samenträger fruchtbar sind und die Samenknospen zwei Integumente besitzen. Ferner entspricht das gespal-

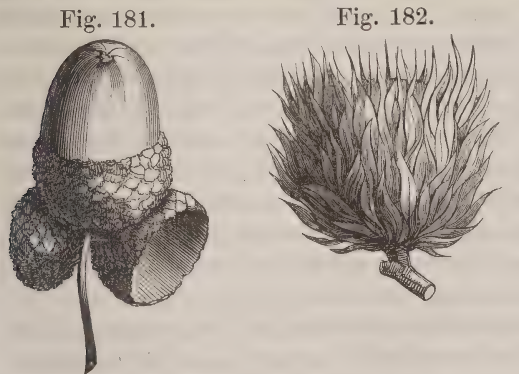
tene Filament der Staubblätter bei Carpinus und Corylus vollständig den Betulineen, nur das Vorkommen des Haarschopfes auf dem Scheitel jeder Antherenhälfte unterscheidet sie von der Erle und der Birke. Der Bau des Blüthenstaubes und der Bau des Holzes bestätigt aufserdem noch diese Verwandtschaft. Dazu kommt endlich das eigenthümliche Verhältnifs der frühen Bestäubung und der späten Befruchtung, welches beiden Gruppen (den Carpineen sowohl als auch den Betulineen) eigen ist. Die Salicineen endlich unterscheiden sich wieder von den Betulineen durch den Mangel einer Blüthenhülle für die männliche Blüthe und durch das nicht getheilte Filament des Staubblattes, ferner für die weibliche Blüthe durch die beiden fruchtbaren Samenträger und die Bildung mehrerer Samenknospen an jedem derselben*).

Der weibliche Blüthenstand der Haselnufs entspricht einem Zweige mit verkürzten Stengelgliedern. Die Blätter der unteren Stengelglieder sind als Deckschuppen ausgebildet und der junge, unter ihrem Schutz entstandene Trieb trägt in der Achsel seiner oberen Blätter zwei Blüthen, deren Narben zur Blüthezeit (im Februar und März) als rother Haarbüschel aus der Knospe hervortreten (Taf. IV. Fig. 10 *A*). Im Fruchtknoten sind um diese Zeit noch keine Samenknospen angelegt. Die Haselnufs unterscheidet sich von der Hainbuche dadurch, dafs ihr weiblicher Blüthenstand gewissermafsen als geschlossene Knospe und zwar sehr zeitig blüht, hier aber als hängende Aehre erst im Mai aus der Knospe hervortritt. Die beiden Blüthen in der Achsel jedes Deckblattes sind sonst nicht wesentlich verschieden. Die grüne Hülle, welche die Frucht der Haselnufs umkleidet, entsteht aus zwei Blattorganen, welche zwei Nebenblättern entsprechen, deren Mittelblatt nicht zur Ausbildung gekommen ist (Taf. IV. Fig. 15 *x*), sie ist mit der Cupula der Eiche und Buche nicht zu vergleichen; bei der Hainbuche entspricht das dreitheilige offene Blatt, welches die Frucht umgiebt, dieser Hülle (Taf. IV. Fig. 1 u. 2). — Der männliche Blüthenstand der Buche ist ein langgestieltes Köpfchen (Taf. III. Fig. 20), jede Einzelblüthe besitzt eine fünftheilige Blüthenhülle und fünf bis funfzehn Staubfäden (Taf. III. Fig. 30). Der männliche Blüthenstand der Eiche und der Kastanie ist dagegen eine langgestreckte Aehre (Taf. III. Fig. 1) deren Blüthen durch Verlängerung der Stengelglieder von einander gerückt sind. Jede Einzelblüthe besteht aus einer fünftheiligen Blüthenhülle und aus fünf bis zehn Staubfäden (Taf. III. Fig. 12). Der weibliche Blüthenstand der Buche und der Kastanie ist ein Köpfchen, in welchem bei der Buche zwei, bei der Kastanie drei bis sieben Blüthen vereinigt sind; die viertheilige Hülle, welche sie umschliefst, entspricht der napfförmigen Cupula der Eiche, die nur eine Blüthe umgiebt (Fig. 181 u. 182). Die weibliche Blüthe der Wallnufs ist eine Einzelblüthe und schliefst sich als solche

---

*) Man vergl. meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie. S. 32—53 und S. 182—219.

der Eiche an; ihr männlicher Blüthenstand ist, wie bei allen Amentaceen, eine herabhängende Aehre. Die weiblichen und männlichen Blüthenstände der Betulineen und Salicineen sind gleichfalls Kätzchen.



Die männlichen Blüthenstände der Erle, der Birke und des Haselstrauches, die im Herbste bereits ausgebildet sind, überwintern frei; die männlichen Blüthenstände der Hainbuche, der Weide und der Pappel durchbrechen dagegen erst im Frühjahre die Deckschuppen ihrer Knospen. Die Eiche und Buche aber besitzen gemischte Knospen, d. h. sie bilden einen Laubtrieb, der im Frühjahre seine Knospenschuppen durchbricht und aus besonderen Achselknospen dann erst die schon im vorhergehenden Herbste angelegten männlichen und weiblichen Blüthenstände entläſst (Taf. III. Fig. 18 u. 38). Bei der Hainbuche geht wiederum nur der weibliche Blüthenstand aus einer gemischten Knospe hervor. — Die weiblichen Blüthenstände aller Amentaceen überwintern unter dem Schutz der Knospenschuppen, und zwar bei dem Haselstrauch, der Erle, Birke, Weide und Pappel in besonderen Knospen; bei der Eiche, Buche und Heimbuche dagegen in gemischten Knospen.

Die Esche (Fraxinus excelsior), zu den Oleineen gehörig, hat eine Zwitterblüthe ohne Blüthenhüllen, aus zwei vierfächerigen Staubblättern und einem oberständigen Fruchtknoten gebildet, der durch zwei wandständige Samenträger zweifächerig geworden ist und vier hängende gegenläufige Samenknospen besitzt (Taf. IV. Fig. 53—59). Bei der Manna-Esche (Fraxinus Ornus), die in Süd-Europa (Spanien) einheimisch, ist, wie beim Oelbaume, ein viertheiliger Kelch und eine tief viertheilige Blumenkrone vorhanden. Bei der Ulme (Ulmus campestris und effusa), die zu den Moreen gehört, finden wir eine fünftheilige Blüthenhülle, fünf Staubblätter und einen oberständigen Fruchtknoten mit einer hängenden gegenläufigen Samenknospe (Taf. IV. Fig. 60—63). Beim Ahorn (Acer campestre und pseudoplatanus) ist ein fünf- bis neuntheiliger Kelch, eine fünf- bis neunblätterige Blumenkrone und ein dritter Blattkreis von fünf bis neun Staubblättern vorhanden; die Zahl acht ist in den Blattkreisen dieser Blüthe am häufigsten vertreten (Taf. IV. Fig. 64). Der oberständige Fruchtknoten mit zwei langen Narben ist durch zwei wandständige Samenträger zweifächerig ge-

Fig. 181. Frucht und Cupula der Traubeneiche (Quercus sessiliflora).
Fig. 182. Frucht der Zerreiche in ihrer Cupula (Q. Cerris).

worden (nicht selten verkümmern die männlichen Blüthen). Die Linde (Tilia grandifolia und parvifolia) hat einen fünfblätterigen Kelch und eine fünfblätterige Blumenkrone, deren Theile mit einander wechseln und denen mehrere, gleichfalls fünfgliedrige Staubblattkreise folgen; der oberständige Fruchtknoten endlich ist durch fünf wandständige Samenträger fünffächerig geworden, und der säulenförmige Staubweg trägt die wenig entwickelten Narben (Fig. IV. Fig. 66—71). Die Samenknospen der drei zuletzt genannten Bäume sind gegenläufig und mit zwei Knospenhüllen versehen, bei der Esche und Ulme ist der Knospenmund aufrecht, d. h. dem Staubwegcanale zugewendet, beim Ahorn und der Linde dagegen ist er abwärts gerichtet; jeder Samenträger der Esche, des Ahorns und der Linde bildet, wie bei der Eiche und Buche, nur zwei Samenknospen.

Die männlichen Blüthenstände vieler Bäume sind in ihrer Entwickelung den weiblichen Blüthenständen vorausgeeilt, so daſs, wenn die männlichen Blüthen ihren Pollen entlassen, im Fruchtknoten der weiblichen Blumen vielfach kaum die Samenknospen angelegt sind (bei der Haselnuſs, der Erle und der Birke). Die weiblichen Kätzchen der Erle und der Birke entfalten sich erst im Frühling, wenn die männlichen Kätzchen bereits ausgebildet sind; ihre Anlage ist jedoch ebenfalls schon im Herbste des vorhergehenden Jahres entstanden. Die eigentliche Thätigkeit der Samenknospen beginnt überall erst, wenn die Staubfäden ihren Dienst verrichtet haben. — Die männlichen Blüthen oder die Staubfäden der Zwitterblüthen vertrocknen, sobald ihr Blüthenstaub entlassen ist; in der weiblichen Blüthe oder im Fruchtknoten der Zwitterblüthe beginnt dagegen nach der Bestäubung ein um so regeres Leben.

Die Nadelhölzer besitzen sämmtlich eingeschlechtige Blüthen, entweder auf demselben Baume vereinigt (bei der Tanne, der Fichte, der Kiefer und der Lerche) oder auf getrennten Bäumen (beim Eibenbaume, beim Wachholderstrauche und bei der Araucaria). Die Eiche, die Buche, die Kastanie, die Wallnuſs und die Haselnuſs, desgleichen die Birke und die Erle tragen eingeschlechtige Blüthen auf demselben Baume; die Weide und die Pappel dagegen entwickeln dieselben auf getrennten Stämmen. Die Esche, die Ulme, der Ahorn, die Linde und die Roſskastanie besitzen Zwitterblüthen. Der Blüthenstand der Roſskastanie, des Bergahorns und der Esche entspricht einer zusammengesetzten Traube. Der Blüthenstand der Linde ist eine gestielte armblüthige Dolde, welche noch ein besonderes Deckblatt, eine wahre Spatha (S. 240), besitzt, die bis zur Mitte mit dem gemeinsamen Blüthenstiele verbunden ist (Taf. IV. Fig. 66).

So haben wir jetzt die wesentlichen Theile der Blüthen überhaupt, sowie die Blumen unserer wichtigeren Waldbäume insbesondere, vergleichend kennen gelernt und gehen nun zur eigentlichen Bestimmung der Blüthe, zur Bildung des Keimes, über.

Der Keim oder Embryo aller phanerogamen Gewächse entsteht erst nach der Befruchtung im Embryosacke einer Samenknospe; diese aber

wird durch das Pollenkorn (S. 36), dessen Gestalten nach den verschiedenen Pflanzen sehr mannigfach und oftmals auch sehr zierlich sind, vollzogen.

Die Pollenkörner*), deren immer vier als Tochterzellen innerhalb einer Mutterzelle entstehen, sind in den meisten Fällen zur Zeit der Bestäubung freie Zellen, welche eine doppelte Membran besitzen. Wenn dies der Fall ist, so bildet die äufsere Haut (die Exine), welche nicht mehr aus Zellstoff besteht und in concentrirter Schwefelsäure unlöslich ist, eine Hülle um die innere Haut (die Intine), welche in der Regel nur zart ist und sich wie Pflanzenzellstoff verhält, also durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt und in starker Schwefelsäure gelöst wird. Diese innere Haut bildet nun bei der Bestäubung den Pollenschlauch und tritt derselbe aus einer schon vorhandenen Oeffnung oder an einer verdünnten Stelle der Exine, welche alsdann durchbrochen wird, hervor. Obschon nun häufig mehrere Oeffnungen oder verdünnte Stellen (Austrittsstellen) für den Pollenschlauch vorhanden sind, so treibt das Pollenkorn doch fast ausnahmslos nur einen Schlauch, der sich aber bei gewissen Pflanzen seinerseits verzweigt (bei der Buche), bei der Mehrzahl der Gewächse aber als unverzweigte Röhre bis zur Samenknospe hinuntersteigt. Die äufsere Membran der Pollenkörner ist nun sehr mannichfaltig und oft mit den zierlichsten und regelmäfsigsten Bildungen, als Stacheln, Leisten u. s. w. besetzt, durch welche sich namentlich die Malvaceen und die Compositen auszeichnen. Bei den Cucurbitaceen sind die Austrittsstellen in der Exine noch mit Deckeln verschlossen, welche wie die letztere gebaut sind. Die Intine dagegen ist entweder eine gleichmäfsig zarte Membran oder häufiger unterhalb der Austrittsstellen für den Pollenschlauch stärker verdickt; wenn dies der Fall ist und statt der Oeffnungen nur verdünnte Stellen in der Exine vorkommen, so zeigt das Pollenkorn, wenn man es trocken betrachtet, eben so viele Falten, als Austrittsstellen vorhanden sind (bei der Eiche und Buche) (Taf. III. Fig. 16 u. 33*a*), welche unter Wasser sich ausgleichen (Taf. III. Fig. 17 und 33*b*). Bei der Weifsbuche sind die Verdickungen der Intine vorzugsweise entwickelt (Taf. III. Fig. 8 u. 9). Die Zahl der Austrittsstellen für den Pollenschlauch ist nun nach den Pflanzen verschieden; die Monocotyledonen besitzen, mit wenigen Ausnahmen, nur eine Austrittsstelle, bei den Dicotyledonen sind dagegen drei und mehr solcher Stellen gewöhnlich; so hat der Pollen der Eiche, Buche, Birke, Esche und Linde drei Austrittsstellen (Taf. III. Fig. 17 u. 33*b*. Taf. IV. Fig. 22. 38. 59 u. 69). Der Blüthenstaub der Weifsbuche, Erle und Ulme dagegen hat bis fünf Austrittsstellen (Taf. IV. Fig. 8. 9. 31 u. 63); der Pollen der Malvaceen, Convolvulaceen, Nyctagineen, Chenopodiaceen u. s. w. endlich besitzt zahlreiche Austrittsstellen. — Während nun bei allen dycotyledonen Gewächsen,

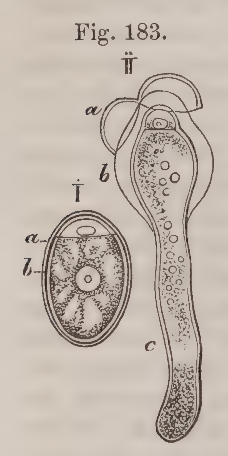
---

*) Für das Nähere bitte ich meinen Aufsatz: „Ueber den Bau einiger Pollenkörner“, in PRINGSHEIM's Zeitschrift II. S. 109—168 zu vergleichen.

die ihre Samenknospen innerhalb eines Fruchtknotens entwickeln, die innere Membran des Pollenkornes selbst zum Pollenschlauche wird, bilden sich bei den Nadelhölzern und Cycadeen, welche keinen Fruchtknoten besitzen, im Innern der Pollenkörner Tochterzellen, und zwar entsteht bei der Tanne, Fichte, Kiefer und Lerche ein aus mehreren Zellen bestehender Körper, dessen Endzelle den Pollenschlauch entwickelt (Taf. I. Fig. 17. Taf. II. Fig. 18, 19 u. 36x); bei Taxus, Cupressus und Juniperus erscheinen dagegen nur zwei Tochterzellen, deren gröfsere den Pollenschlauch bildet (Fig. 183). Dagegen wird bei allen Nadelhölzern die äufsere Membran der Pollenkörner abgestreift.

Der Wind und die Insecten sind zur Beförderung des Blüthenstaubes oftmals nothwendig; so können sich die meisten Orchideen und Asclepiadeen nicht selbst befruchten, weil, vermöge der Lage ihrer Staubblätter, der Pollen nicht aus sich selbst zur Narbe gelangen kann. Hier treibt alsdann das Pollenkorn, durch die Narbenfeuchtigkeit, welche Gummi, Zucker und andere lösliche Stoffe enthält, ernährt, eine schlauchförmige Zelle, den **Pollenschlauch**, welcher durch das Oberhautgewebe der Narbe dem Staubwegcanale zugeführt wird, wo das eine ähnliche Flüssigkeit aussondernde Gewebe des letzteren ihn zur Fruchtknotenhöhle hinab und an die Samenträger geleitet, von welchen er endlich zur Samenknospe, ja bis in den Knospenmund der letzteren gelangt (Fig. 166. S. 250). Bei den Nadelbäumen erreicht das Pollenkorn unmittelbar den Knospenmund, der hier Zucker und Harz enthaltende Säfte aussondert und dadurch die Bildung des Pollenschlauches befördert.

Fig. 183.

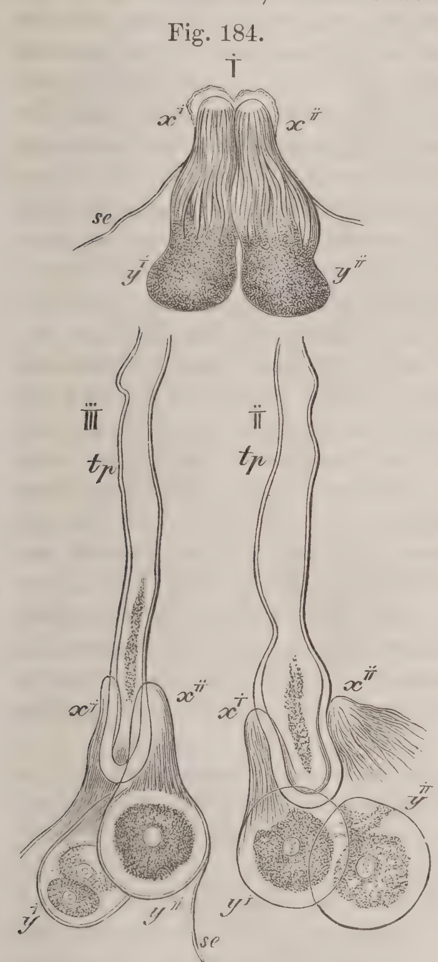


An beiden Enden des Embryosackes nun, den wir als eine grofse Zelle von meistens länglicher Gestalt im Innern des Knospenkernes kennen gelernt haben (S. 251), liegen schon vor der Befruchtung zwei oder drei Zellen, und zwar am Knospenmund-Ende (Mikropyle-Ende), die **Keimkörperchen**, im Knospengrund-Ende (Chalaza-Ende) dagegen deren **Gegenfüfsler**.

Die Keimkörperchen oder Keimbläschen, welche Amici, der Entdecker des Pollenschlauches, gleichfalls zuerst beobachtet hat, bestehen in den meisten Fällen im oberen Theile aus einer streifigen, aus Zellenstoff bestehenden Masse, die mit einer abgerundeten glänzenden und klebrigen Spitze frei über die Membran des Embryosackes hervorragt und von mir **Fadenapparat** genannt wurde. Nur in seltenen Fällen wächst derselbe als langer Schlauch aus dem Knospenmunde der Samenknospe hervor (bei Watsonia), in der Regel aber bleibt er kurz (bei Gladiolus, Crocus, Zea).

Fig. 183. Cupressus sempervirens. I Ein Pollenkorn mit seinen beiden Tochterzellen; a die Aufsenhaut; b die Innenhaut. II Ein anderes, welches aus der gröfseren Tochterzelle den Pollenschlauch (c) gebildet hat (300 mal vergröfsert).

Dieser Fadenapparat verliert sich nach unten in eine scharf umgrenzte kugelförmige Masse, aus körnigem Schleime (Protoplasma) bestehend, die ich die Befruchtungs- oder Protoplasmakugel nenne. Während der mikroskopischen Untersuchung zergeht dieselbe, weil sie noch keine feste Membran besitzt, innerhalb weniger Secunden im Wasser des Objectträgers, während der Fadenapparat zurückbleibt; beide zusammen aber bilden das Keimkörperchen, das allerdings einer Zelle entspricht und auch einen centralen Zellkern besitzt, aber wegen seines complicirten Baues nicht wohl Keimbläschen genannt werden kann. Die beiden Keimkörperchen liegen dicht neben einander in der Spitze des Embryosackes. Aus der Befruchtungskugel des Keimkörperchens bildet sich, wie wir sogleich sehen werden, durch Zuthun des Pollenschlauches die erste Zelle des jungen Keimes. — Die Gegenfüfsler am entgegengesetzten Ende des Embryosackes sind Zellen mit einer festen Membran und einem Zellkern, welche nach geschehener Befruchtung allmälig vergehen und bei der Befruchtung direct nicht thätig sind.



Der in den Knospenmund der Samenknospe gelangte Pollenschlauch erreicht alsbald die Spitze des Embryosackes, in welcher die beiden Keimkörperchen liegen und kommt, da ihr Fadenapparat frei hervorragt, mit selbigen in directe Berührung (Fig. 184), er verklebt

Fig. 184. Der Befruchtungsvorgang bei Gladiolus segetum. I Die beiden unbefruchteten Keimkörperchen in der Spitze des Embryosackes; x der Fadenapparat; y die Protoplasmakugel; *se* die Membran des Embryosackes, welche über den glänzenden Spitzen der beiden Fadenapparate in der Resorption begriffen ist. II Ein Pollenschlauch, welcher die beiden Keimkörperchen kürzlich befruchtet hat, mit ihnen freigelegt; die um die Protoplasmakugel der letzteren entstandene Membran ist erst mit einfacher Contour sichtbar. III Ein etwas späterer Zustand, die befruchtete Protoplasmakugel des linken Keimkörperchen y^{I} hat bereits, durch Theilung ihres Inhalts, zwei Zellen gebildet, wovon die untere zur ersten Zelle der Keimanlage, die obere aber zum kurzen Embryoträger wird. Die Membran der Protoplasmakugeln zeigt jetzt eine doppelte Contour. (Vergröfserung 400 mal).

sogar in den meisten Fällen mit dem Fadenapparat, so dafs beide unversehrt nicht mehr zu trennen sind. Das Pollenschlauch-Ende zeigt sich um diese Zeit erweicht und gallertartig aufgequollen und der körnige Inhalt des Pollenschlauches, aus Zucker, Gummi, Oeltropfen und Stickstoffschleim bestehend, verschwindet gröfstentheils oder vollständig. Die Befruchtungskugel beider Keimkörperchen zergeht jetzt nicht mehr im Wasser unter den Augen des Beobachters, denn sie ist nunmehr mit einer festen Membran bekleidet, welche dieselbe bald darauf auch vom Fadenapparate trennt; sie ist mit anderen Worten durch die Befruchtung zur ersten Zelle der neuen Keimanlage geworden. In der Regel erhält die Protoplasmakugel beider Keimkörperchen, weil der Fadenapparat beider mit dem Pollenschlauch zusammentreffen mufste, eine feste Membran, aber dessenungeachtet bildet sich meistens nur die eine Keimanlage weiter, indem sich die erste Zelle wagerecht theilt und zwar so, dafs die untere Tochterzelle durch fortgesetzte Zellenvermehrung den Embryo bildet, während die obere zum Träger desselben wird und ihn mit der Membran des Embryosackes verbindet, dieser Träger aber, welcher selten in seinem Innern Tochterzellen bildet, kann kurz bleiben (bei Gladiolus, Crocus, desgleichen bei der Eiche und Buche), er kann sich aber auch schlauchförmig verlängern und dadurch die junge Keimanlage tief in den Embryosack hinabführen (beim Läusekraut [Pedicularis], bei Salvia, Stachys u. s. w.). Die Keimanlage aber wird durch ein Zellgewebe ernährt, welches sich bald nach der Befruchtung im Innern des Embryosackes bildet und nach den Pflanzen verschiedene Nahrungsstoffe, als Stärkmehl, Klebermehl, fettes Oel u. s. w. enthält und von dem Keim entweder ganz oder theilweise zu dessen Ausbildung verbraucht wird. Dieses Nahrungsgewebe des Embryosackes ist als Sameneiweifs (Endosperm) bekannt; wenn es nicht ganz verbraucht wird und der Same also eiweifshaltig ist, so nährt sich der Keim von ihm während der Keimung.

Für alle mit einem Fruchtknoten versehenen Phanerogamen gilt die hier beschriebene Art der Keimbildung; bei den Nadelhölzern und Cycadeen dagegen, welchen der Fruchtknoten mangelt, erfolgt dieselbe in etwas abweichender Weise. Der Blüthenstaub gelangt hier, wie uns bereits bekannt, direct auf die nackte Samenknospe, und dringt der Pollenschlauch durch die aufgelockerte Kernspitze (Kernwarze) des Knospenkernes zum Embryosacke hinab. Der letztere aber hat sich, noch ehe der Pollenschlauch zu ihm gelangt, mit einem dichten Zellengewebe erfüllt, von welchem einige Zellen, im oberen Ende gelegen, sich überwiegend ausgedehnt haben und bei den Pinus-Arten von einer Schicht kleiner Zellen epitheliumartig umgeben sind (Fig. 185), bei Taxus und den Cupressineen aber dieser Zellenumkleidung entbehren. R. Brown, der diese grofsen Zellen im Sameneiweifse der Nadelbäume entdeckte, hat dieselben Corpuscula genannt. Sie entstehen durchaus unabhängig von der Bestäubung; ihre Zahl ist nach der Pflanzenart verschieden und über-

dies nicht ganz constant. In der Spitze des Corpusculum bilden sich nun vor der Befruchtung vier kleine Tochterzellen, welche ich für die Keimkörperchen der Coniferen halte und die als Schlufszellen oder Deckelrosette bekannt sind. Der Pollenschlauch, bis zum Embryosack gelangt, dringt darauf in eines der Corpuscula und bald darauf hängt an ihm eine kugelige Zelle mit körnigem Inhalt, deren Ursprung noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen ist, die aber, wie ich vermuthe, aus dem Inhalt der Schlufszellen hervorgeht, welche, wenn der Pollenschlauch das Corpusculum erreicht hat, entweder verschwinden (bei den Cupressineen und Taxus) oder zusammensinken und ihren Inhalt verlieren (bei den Abietineen). Selten erhält diese Zelle schon im oberen Theil des Corpusculum eine feste Membran und bildet dann ihrerseits Tochterzellen; viel häufiger gelangt sie, auf noch unbekannte Weise, an das untere Ende des Corpusculum und bildet hier nach einander mehrere Zellenschichten, deren eine sich schlauchförmig entwickelt und die langen Embryonalschläuche der Coniferen bildet, welche dem langen Embryoträger gewisser Phanerogamen (S. 272) entsprechen,

Fig. 185.

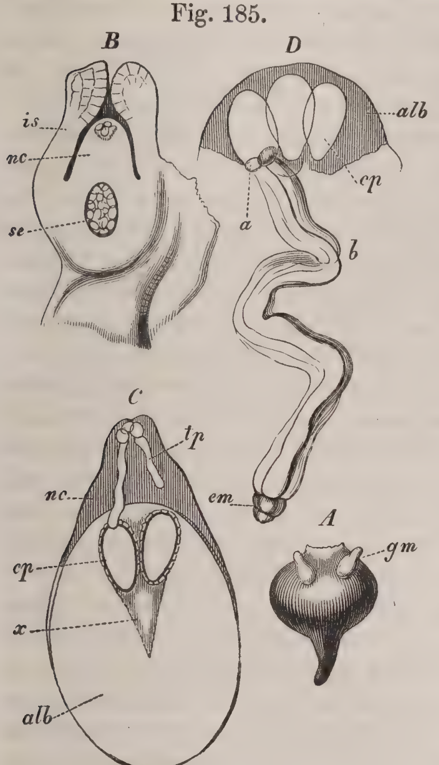
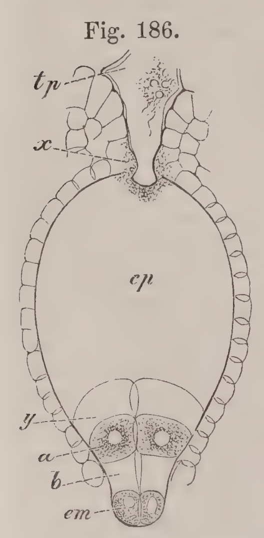


Fig. 185. Der Befruchtungsact der Kiefer. *A* Eine junge Samenschuppe dieses Baumes, bald nach ihrem Entstehen vom weiblichen Blüthenstande gelöst. Die beiden Samenknospen (*gm*) sind bereits angelegt (10 mal vergröfsert). *B* Längsschnitt durch eine Samenknospe, die soeben bestäubt ist; auf der Spitze ihres Knospenkernes (*nc*) liegen Pollenkörner; *is* die einfache Knospenhülle; *se* der Embryosack, in welchem bereits eine Zellenbildung begonnen hat (35 mal vergröfsert). Bis zum kommenden Frühjahre bleibt die Samenknospe ziemlich unverändert, dann aber entstehen im Zellengewebe des Keimsackes die Corpuscula. *C* giebt einen Längsschnitt durch den Knospenkern der Samenknospe im zweiten Frühjahre; die Knospenhülle ist entfernt; *nc* der Knospenkern, in dessen Gewebe Pollenschläuche (*tp*) bis zum Corpusculum (*cp*) hinabsteigen und in dasselbe hineindringen; *alb* das Eiweifs oder das Zellgewebe im Embryosacke; *x* die Partie desselben, welche sich auflockert und in welche später die Embryonalschläuche hinabsteigen. *D* Der obere Theil des Eiweifses (*alb*) der befruchteten Samenknospe im Längsschnitte (einige Wochen später); *cp* Corpusculum; *a* die Zellen der Rosette, welche im Corpusculum bleiben, während die Embryonalschläuche (*b*) die Keimanlage (*em*) in das Sameneiweifs hinabführen (*C* und *D* 100 mal vergröfsert).

und wie dieser den jungen Keim bis in die Mitte des Sameneiweifses hinabführen, wo sich derselbe weiter entwickelt (Fig. 186). Bei der Tanne, Fichte und Kiefer bestehen die Embryonalschläuche aus vier Zellen, die zusammen nur einen einzigen Keim tragen, bei Pinus Pumilio und P. Strobus trennen sich dagegen die vier Schläuche und jeder bildet seinen besonderen Keim, von welchen jedoch selten mehr als einer zur vollen Ausbildung gelangt. Beim Eibenbaum (Taxus) ist die Zellenbildung im Corpusculum weniger regelmäfsig, es steigen vier, aber auch fünf und sechs Embryonalschläuche, mit einander vereinigt, hinab. Häufig werden mehrere Corpuscula der Coniferen befruchtet, aber dennoch gelangen selten mehrere Keime zur Ausbildung; bei Thuja (dem Lebensbaum) und bei Araucaria (der Brasiltanne) fand ich in einem Samen bisweilen zwei ausgebildete Embrya. Der Keim der Nadelhölzer liegt im reifen Samen in der Mitte eines Sameneiweifses, die Corpuscula sind zusammengesunken und die Embryonalstränge sind mit ihnen abgestorben und unkenntlich geworden; nur bei der Lerche (Taf. II. Fig. 30 x) und bei den Cycadeen lassen sich dieselben noch im reifen Samen als lange verschlungene Fäden abwickeln (Siehe die Erklärung der Fig. 185).

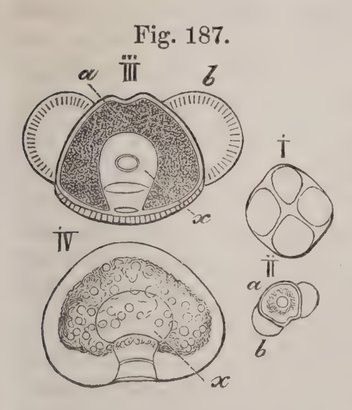
Fig. 186.



Die Nadelhölzer unterscheiden sich überdies noch durch die Bildung des Pollenschlauches von allen übrigen Phanerogamen, indem derselbe nicht unmittelbar aus der innersten Haut des Pollenkornes selbst, vielmehr aus einer Tochterzelle hervorgeht, welche im Innern desselben entstanden ist. Auch markiren sich wieder die Nadelhölzer mit zweifächerigen Staubblättern (die Tanne, Fichte, Kiefer, Lerche und Podocarpus) von denen mit Pollensäcken (Taxus, Thuja, Cupressus, Juniperus), indem erstere zwei Tochterzellen von ungleicher Gröfse bilden, deren kleinere sich mehrmals theilt, so dafs aus ihr ein mehrzelliger Körper hervorgeht, dessen Endzelle sich als Pollenschlauch entwickelt (Fig. 187), während bei den letzteren die kleinere Tochterzelle unthätig bleibt, die gröfsere aber als Pollenschlauch auswächst (Fig. 183. S. 270). Die Nadelhölzer und Cycadeen unterscheiden sich demnach von allen übrigen Phanerogamen wesentlich 1. durch einen Pollenschlauch, der sich nicht direct aus dem Pollenkorn, sondern aus einer Tochterzelle desselben entwickelt und 2. durch eine Befruchtung, welche

Fig. 186. Ein kürzlich befruchtetes Corpusculum von Pinus silvestris im Längsschnitt. *cp* Das Corpusculum; *tp* der zwischen den hier fast unkenntlich gewordenen Schlufszellen (x) bis ins Corpusculum gelangte Pollenschlauch; y die obere Zellenschicht der Keimanlage; a die zweite Schicht, welche die sogenannte untere Rosette bildet; b die dritte Schicht, aus welcher die Embryonalschläuche hervorgehen; *em* die vierte Schicht, welche den Embryo bildet (100mal vergröfsert).

nicht direct im Embryosack selbst, sondern in einer Tochterzelle desselben, im Corpusculum, stattfindet.



Ich habe den Befruchtungsact hier so geschildert, wie ich ihn nach meinen neuesten eigenen Untersuchungen bei Gladiolus, Crocus, Watsonia, Zea, Phormium, Campanula u. s. w. schildern mufs, nachdem ich die früher von mir warm vertheidigte, von Schleiden zuerst aufgestellte Ansicht, nach welcher der Pollenschlauch in den Embryosack eindringen und selbst die Anlage des Keimes bilden sollte, da ich dieselbe, als unrichtig erkannt, verlassen habe. Ich bin aber keinesweges der Auffassung, welche Amici, v. Mohl, Hofmeister und Radlkofer schon länger vertheidigt haben, unbedingt beigetreten, indem ich das unbefruchtete Keimkörperchen nicht für eine fertige Zelle im gewöhnlichen Sinne halten kann, weil ein Theil desselben, die Befruchtungskugel, erst durch Vermittelung des Pollenschlauches zur wahren Zelle wird, wonach die Keimanlage nicht fertig im unbefruchteten Embryosack präexistirt, vielmehr erst ein Product der Zeugung ist und erst durch diese eine feste Membran und einen neuen Zellenkern erhält, was gleichzeitig und unabhängig von mir durch Henfrey in London beobachtet wurde und von Schenk in Würzburg, auch in Bezug auf den Fadenapparat, aufs Vollkommenste bestätigt ist.

Bei einigen Pflanzen verzweigt sich bisweilen, bei anderen regelmäfsig der Pollenschlauch (bei der Buche), so dafs ein Pollenkorn mehrere Samenknospen befruchten kann (Fig. 68. S. 80). Auch treten gar häufig mehrere Pollenschläuche in den Knospenmund einer Samenknospe. Bei den Citrus-Arten bilden sich, als besondere Eigenthümlichkeit, fast im ganzen Umkrris des Embryosackes zahlreiche Keimkörperchen, welche durch denselben Pollenschlauch, jedoch nicht unmittelbar, sondern mit Hülfe kleiner, länglich runder, bewegungsloser Körperchen befruchtet werden; aber dennoch kommen selten mehr als drei oder vier Keime zur vollen Ausbildung. Eine Mango-Art (Mangifera) bildet gleichfalls immer mehrere Keime.

Fig. 187. Blüthenstaub von Picea vulgaris. I Die Mutterzelle mit den vier Specialmutterzellen, aus denen die jungen Pollenkörner durch Wasseraufsaugung hervorgetreten sind. II Ein solches Pollenkorn, schon mit dem centralen Theile (a) und den beiden seitlichen Anhängen (b) versehen. III Ein reifes Pollenkorn; x der Zellenkörper, dessen freie Endzelle später den Pollenschlauch bildet. IV Die innere Pollenhaut, durch Anwendung von Salpetersäure aus der äufseren Pollenhaut hervorgetrieben (I und II 200mal, III und IV 300mal vergröfsert).

Wenn wir jetzt die Befruchtung der phanerogamen Gewächse mit der Zeugung der kryptogamen Pflanzen vergleichen, so ist die Analogie überraschend, indem auch hier die Befruchtungskugel, wie Pringsheim nachgewiesen (S. 35), keine fertige Zelle ist, vielmehr erst durch die Befruchtung zu einer solchen wird und durch dieselbe eine feste Membran erhält. Während bei den Phanerogamen die Befruchtung durch den Inhalt (die Fovilla) des Pollenschlauches vollzogen wird, erfolgt sie bei den Kryptogamen durch bewegliche Samenkörper oder Samenfäden, welche den ähnlichen Samenfäden des männlichen Samens der Thiere entsprechen. Die Samenfäden aber dringen in die Befruchtungskugel der Kryptogamen und gehen im Inhalt derselben auf, wie die Fovilla des Pollenschlauches durch den Fadenapparat zur Protoplasmakugel hinübertritt und auch die Samenfäden des Thieres in das Ovulum gelangen. Der Befruchtungsvorgang, eine der wichtigsten Lebenserscheinungen, auf denen die Fortdauer der lebenden Wesen beruht, scheint demnach nicht allein in beiden Gruppen des Pflanzenreiches, sondern auch für das Thierreich in seinen Grundbedingungen derselbe zu sein. Ohne Befruchtung bildet sich kein Keim, und die sogenannte jungfräuliche Zeugung (Parthenogenesis), welche in neuester Zeit einiges Aufsehen gemacht, hat sich bereits, mit Ausnahme einer einzigen Pflanze, der Coelebogyne ilicifolia, welche, wie mir scheint, noch lange nicht genug untersucht und beobachtet ist, als eine unbegründete Hypothese ergeben, da Regel in Petersburg und Schenk in Würzburg nachgewiesen haben, dafs diejenigen Pflanzen, für welche man bisher dasselbe behauptete (Mercurialis annua, Spinacia oleracia, Cannabis sativa), ohne Zuthun des Blüthenstaubes niemals keimfähige Samen bringen.

Aus dem Fruchtknoten der Blüthe wird nach der Bestäubung die Frucht, und in der letzteren reifen die Samen. Nur in seltenen Fällen bildet sich der Fruchtknoten einer Pflanze ohne Bestäubung weiter, aber niemals enthält er in einem solchen Falle keimfähigen Samen. Es sind Traubenarten (Korinthen) und Orangen ohne Samen bekannt; desgleichen entwickelt der Melonenbaum (Carica Papaja) seine Frucht und die Nadelhölzer ihre Samen ohne Bestäubung, allein die letzteren sind in diesem Falle immer taub, d. h. ohne Keim.

Bei der Umbildung zur Frucht erleidet nun der Fruchtknoten selbst mannigfache Veränderungen und nehmen die unwesentlicheren Organe der Blüthe, z. B. der Kelch und die Blumenkrone, entweder an derselben Theil, oder sie vertrocknen mit den Staubblättern und mit dem Staubweg und der Narbe. Wenn mehrere Fruchtknoten vorhanden sind, z. B. bei der Erdbeere, so bilden sich auch mehrere Früchte. Man mufs deshalb zwischen einer einfachen und einer zusammengesetzten Frucht unterscheiden; man mufs ferner, dem Blüthenstande entsprechend, auch Fruchtstände annehmen und somit von Fruchtähren, Fruchttrauben, Fruchtköpfchen und Fruchtdolden reden.

Die Nadelhölzer und Cycadeen, denen der Fruchtknoten fehlt, be-

sitzen deshalb auch keine Frucht, wohl aber Samen; ihr weiblicher Blüthenstand wird zu einem Samenstand. Der Same aller phanerogamen Pflanzen aber bildet sich aus einer Samenknospe, in welcher sich ein Keim entwickelt.

Die Einzelfrüchte kann man in drei grofse Gruppen theilen; in solche, welche zur Zeit ihrer Reife aufspringen und ihren Samen verlieren, die Kapselfrüchte; in andere, welche in einzelne Theile zerfallen, ohne dafs ihr Same diese Theile verläfst, die Spaltfrüchte; und in noch andere, welche weder aufspringen noch zerfallen, die Beeren, Steinbeeren und Schliefsfrüchte.

Bei der Kapselfrucht (capsula) wird die Art ihres Aufspringens wichtig; sie öffnet sich entweder mit einem Loch, wie bei der Reseda, oder mit einem wahren, ringsum sich ablösenden Deckel, wie beim Gauchheil (Anagallis), oder mit von einander tretenden Klappen, wie bei der Rofskastanie, beim Veilchen und beim Stechapfel, oder mit Längsspalten, wie bei den Orchideen u. s. w.

Die Spaltfrucht (Schizocarpium) ist nach der Weise, in welcher die Theilung erfolgt, verschieden. Die durch Längstheilung entstandenen Stücke einer Frucht pflegt man Cocci oder Mericarpia zu nennen (bei den Malven, den Borragineen, den Rubiaceen, den Umbelliferen, bei Tropaeolum und beim Ahorn); die durch Quertheilung entstandenen Fruchtstücke bezeichnet man dagegen als Glieder (articuli), (beim Hufeisenklee [Hippocrepis], beim Rettig u. s. w.).

Bei der eigentlichen Beere (Bacca) wird das ganze Gewebe des Fruchtknotens, welches die Samen umschliefst, saftig oder fleischig, z. B. bei der Stachelbeere, der Tollkirsche, beim Flieder, bei den Gurkenarten, dem Apfel u. s. w.

Bei der Steinbeere (Drupa) verholzt dagegen der innere Theil des Fruchtknotengewebes, welcher bei der eigentlichen Beere saftig bleibt, während nur das äufsere Gewebe saftig oder fleischig wird (bei der Pflaume, Kirsche, dem Pfirsich u. s. w.). Auch die Wallnufs ist hierher zu zählen.

Die Schliefsfrüchte (Achenia) besitzen eine trockene, meistens holzige Schale und sind ein- oder mehrfächerig; hierher gehören die Früchte der Gräser, der Compositen, vieler Ranunculaceen, ferner die Früchte der Cupuliferen, z. B. der Eiche (Taf. III. Fig. 9), der Buche (Taf. III. Fig. 25), der Kastanie, desgleichen der Hainbuche und der Haselnufs (Taf. IV. Fig. 6 und Taf. IV. Fig. 18).

Die Himbeere und die Erdbeere sind zusammengesetzte Früchte; die erstere trägt wahre saftige Beeren an einer verholzten Spindel, die Erdbeere dagegen besteht aus verholzten Schliefsfrüchten, von einer saftig gewordenen Spindel getragen; diese aber ist das Stengelorgan, an welchem die zahlreichen Fruchtknoten aus eben so vielen Fruchtblättern entstanden sind. Das Becherchen (die Cupula) der Eichel entsteht aus einem Discus, der die Frucht nur zum Theil napfförmig überwächst und die vierklappig aufspringende Hülle, welche die beiden Nüsse der Buche umschliefst, bildet sich

auf ähnliche Weise, doch sind die Blätter dieser Cupula borstenartig geworden. Der blattartige Becher, welcher die Haselnuſs umgiebt, entwickelt sich dagegen, wie wir gesehen (S. 264) aus den beiden Nebenblättern, welche die Blüthenknospe zuerst erzeugte. Der Apfel und die Birne entsprechen einem fleischig gewordenen Fruchtstiel, der mehrere Fruchtknoten umhüllt. Die Frucht des Ahorns zerfällt in zwei geflügelte, einsamige Mericarpia; die nicht zerfallende Frucht der Birke ist einsamig und nach zwei Seiten geflügelt (Taf. III. Fig. 43).

Der Same (Semen) entsteht, wie bereits mehrfach erwähnt, aus der befruchteten Samenknospe. Er besitzt eine Schale und einen Kern.

Wie die Fruchtschale aus dem veränderten Gewebe des Fruchtknotens hervorgeht, so bildet sich die Samenschale (Testa) aus der Knospenhülle oder aus dem Knospenkern der Samenknospe; aber nur eine vollständige Fortbildungsgeschichte der letzteren kann mit Sicherheit darthun, was hier dem einen und was dem anderen Theile zukommt; an dem reifen Samen läſst sich dagegen über den Ursprung der Samenschale nichts mehr entscheiden, weil bei der Ausbildung der Samenknospe zum Samen, sowohl einzelne Theile ganz resorbirt werden, z. B. die innere Knospenhülle bei den Orchideen, als auch andererseits sich sehr verschieden ausbilden, wofür uns die Samen der Passiflorenfrüchte, ferner der Granate, der Cacteen und der Stachelbeere Beispiele liefern, indem hier eine äuſsere saftige Hülle die innere holzige Schale umschlieſst, so daſs der Same selbst sich gewissermaſsen wie die Steinfrucht verhält, was bei dem Samen einiger Nadelhölzer, z. B. der Salisburia, desgleichen bei Cycas und Zamia wiederkehrt.

Die Samenschale ist zur Zeit der Fruchtreife meistens trocken und entweder häutig, lederartig oder holzig; häutig bei der Wallnuſs und der Haselnuſs, bei der Eichel und bei dem Kirschkern, wo sie als dünne Membran den Keim überzieht; lederartig bei dem Tannensamen, wo sie überdies mit Oelbehältern versehen ist; holzig dagegen beim Samen der Lerche, Kiefer und Fichte, wo die Oelbehälter fehlen u. s. w. In der Samenschale vieler Pflanzen, so namentlich bei den Cruciferen, sind zierlich verdickte Zellen mancherlei Art vorhanden. Die Samen der Abietineen (Tanne, Fichte, Kiefer und Lerche) sind geflügelt; der Tannensame ist der gröſste, die Fichten- und Kiefersamen sind dagegen schwierig zu unterscheiden, doch endigt der erstere mit einer schärferen und steileren Spitze (Fig. 188) (Taf. I. Fig. 9 u. 29 u. Taf. II. Fig. 9 u. 28).

Fig. 188. a b

Der Kern des Samens besteht entweder aus einem einfachen oder doppelten Sameneiweiſs und aus einem Keim, oder, wenn das Sameneiweiſs fehlt, aus dem Keim allein. Bisweilen ist auch bei dem sogenannten eiweiſslosen Samen noch ein geringer Ueberrest des inneren Sameneiweiſses

Fig. 188. *a* Same der Kiefer; *b* Same der Fichte (beide 3mal vergröſsert).

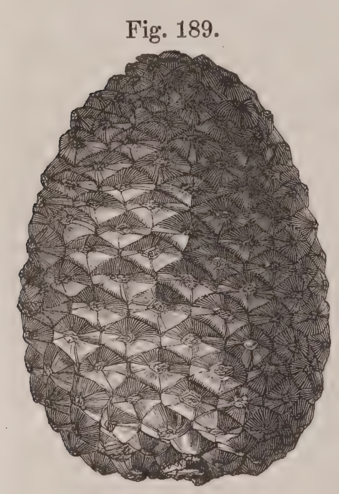
vorhanden, z. B. bei der Wallnufs. Das innere oder eigentliche Sameneiweifs (Endosperm) besteht aus dem im Embryosack entstandenen Nahrungsgewebe (S. 44). Bei den Nadelhölzern, beim Buchweizen, bei den Gräsern u. s. w. haben wir dasselbe kennen gelernt. Das Perisperm bildet sich dagegen aus einem Ueberrest des Knospenkernes, dessen Gewebe in diesem Falle Nahrungsstoffe entwickelt (bei Canna und Strelitzia ersetzt es das fehlende Endosperm und bei den Nymphaeaceen, z. B. unserer Seerose und der Victoria regia ist es neben dem letzteren vorhanden, weshalb diesen Pflanzen ein doppeltes Sameneiweifs zugeschrieben wird). Das Perisperm hat nur eine geringe Verbreitung, das Endosperm oder das Nahrungsgewebe im Embryosack ist dagegen mit wenig Ausnahmen (Tropaeolum, Canna) allen Pflanzen eigen, es dient zur Ernährung des sich bildenden Keimes und wird von demselben entweder vollständig oder nur theilweise verzehrt, wonach wir eiweifslose und eiweifshaltige Samen unterscheiden. Bei den letzteren giebt das Sameneiweifs der keimenden Pflanze die erste Nahrung. Die reifen Samen der Eiche, der Buche, der Kastanie, der Rofskastanie, der Birke, der Erle, des Ahorns u. s. w. besitzen kein Sameneiweifs. Die Zellen des Sameneiweifses enthalten Nahrungsstoffe für den Keim, diese aber sind nach der Pflanzenart verschieden; häufig bestehen dieselben aus Stärkmehl oder ähnlichen Kohlenhydraten, in anderen Fällen aus Klebermehl, fettem Oel; nicht selten sind letzteres und Kohlenhydrate neben einander vorhanden. Ueber das Sameneiweifs, so wie über den Keim, habe ich bereits im zweiten Abschnitt dieses Buches geredet.

Einen Samenstand besitzen nur die Nadelhölzer und die Cycadeen, weil nur diesen Pflanzen nackte Samenknospen eigen sind und hat man den Samenstand der Nadelhölzer Zapfen (Strobilus) genannt. Bei der Tanne und bei der Lerche besteht derselbe aus blattartigen Deckschuppen, welche den Blättern und verholzten Samenschuppen, welche Stammknospen vertreten, entsprechen. Jede Samenschuppe trägt an ihrem Grunde zwei mit einem langen häutigen Flügel versehene Samen (Taf. I. Fig. 7 u. 29 u. Taf. II. Fig. 8 u. 27). Bei der Kiefer und bei der Fichte sind die Deckschuppen verkümmert und die Samenschuppen holzig geworden; dieselben tragen an ihrem Grunde, wie bei der Tanne und Lerche, zwei geflügelte Samen. Der Flügel des Samens entsteht aus den Schichten der Innenseite der Samenschuppe und begrenzt ein zartes Gewebe schon frühzeitig den zum Flügel bestimmten Theil der Samenschuppe. Wenn der Zapfen reift, wird das Gewebe trocken und der geflügelte Same trennt sich von seiner Schuppe in derselben Art, als die Kapselfrucht durch ein Trockenwerden bestimmter Zellenreihen in gesetzmäfsiger Weise aufspringt. Der geflügelte Same wird vom Winde weiter geführt, er keimt, wo er einen günstigen Boden findet; daher die Benennung Tannen-, Fichten- u. s. w. Anflug für die nicht durch Menschenhand gesäeten Keimpflanzen dieser Bäume. Der Tannenzapfen verliert im Herbst seine Deckschuppen sammt seinen Samenschuppen, so dafs die nackte Spindel auf dem Zweige bleibt; auch Araucaria läfst ihre reifen Schuppen fallen; bei den

übrigen Zapfenträgern weichen dagegen die Samenschuppen von einander, so dafs die Samen herausfallen können (Fig. 189).

Der Samenstand des Wachholders wird beerenartig, weil seine drei Deckblätter, welche sich ungetrennt erheben (S. 260), saftig werden. Der Einzelsame des Eibenbaumes wird gleichfalls beerenartig, weil sein Samenmantel saftig wird und Podocarpus bildet durch den saftig gewordenen Stiel, der die nackten Samenknospen trägt, eine rothgefärbte Scheinfrucht (Fig. 173. S. 259).

Fig. 189.



Mancher Fruchtknoten enthält mehrere Samenknospen, während die Frucht nur einen Samen umschliefst, weil 1. nicht alle Samenknospen befruchtet werden und 2. nicht alle befruchteten Samenknospen überall zur Ausbildung kommen. Der Fruchtknoten des Kirschbaumes und des Mandelbaumes enthalten jederzeit zwei Samenknospen und doch kommen nur höchst selten beide Samen in einer Frucht zur Vollendung; der Fruchtknoten der Eiche enthält sechs, seltener vier Samenknospen, die Eichel umschliefst dagegen nur höchst selten mehr als einen Samen; auch bei der Buche und bei der Kastanie, wo in jedem Fruchtknoten mindestens sechs Samenknospen vorhanden sind, entwickeln sich nur sehr selten zwei Samen innerhalb einer Nufs. Auch die Weifsbuche, Hasel, Birke, Erle, der Ahorn, die Esche und die Linde reifen in der Regel nur einen einzigen Samen, obschon bei den vier ersten immer zwei und bei anderen noch mehr Samenknospen in der Blüthe vorhanden waren. Es scheint demnach, als ob in den genannten Fällen der eine Same die Nahrung, welche dem Fruchtknoten zugeführt wird, allein verzehrt und deshalb andere, gleichfalls befruchtete Samenknospen neben ihm nicht zur Ausbildung gelangen. Im Embryosack der Nadelhölzer begegneten wir einer ähnlichen Erscheinung (S. 274), indem hier meistens der Anlage nach mehrere Keime vorhanden sind, aber dennoch in der Regel nur einer ausgebildet wird, was bei den Citrus-Arten, wo immer bis funfzig und hundert befruchtete Keimkörperchen im Embryosacke vorkommen, wiederkehrt, indem auch hier selten mehr als zwei bis drei Keime vollständig ausgebildet werden (S. 275). Die Natur hat in aller Weise dafür gesorgt, ihre Zwecke zu erreichen; sie bildet die Anlage mehrerer Samenknospen, damit um so sicherer eine von den vielen befruchtet und zum Samen werde, sie verschwendet scheinbar ihren Blüthenstaub, damit von tausend Körnern um so sicherer eines sein Ziel, die Samenknospe, erreichen kann.

Fig. 189. Ein Pinienzapfen (Pinus Pinea).

Der Bestäubung stehen nach der Pflanzenart mancherlei Hindernisse im Wege. Die Orchideen und Asclepiadeen können sich, wie wir bereits gesehen, nicht selbst bestäuben, sie bedürfen der Insecten, die in ihren Blumen Honig schlürfend, den hier meistens in Massen zusammenhängenden Pollen aus der Anthere auf die Narbe oder den Ausgang des Staubwegcanals tragen; bei der Feige, wo Blüthen getrennten Geschlechtes im Innern desselben beutelförmigen Blüthenstandes sitzen (Fig. 190), besorgt desgleichen eine kleine Gallwespe die Bestäubung. Auf Madeira und Tenerife, wo dieses Insect angeblich fehlen soll, bringt die Feige niemals keimfähige Samen. Wo Blüthen getrennten Geschlechtes auf zwei verschiedenen Stämmen erscheinen, wie beim Eibenbaum, der Pappel und der Weide, mufs der Wind den Blüthenstaub oft fernher der weiblichen Blüthe zuführen. Für manche Zwitterblumen ist ein starker austrocknender Wind gefährlich, denn er entführt 1. den Blüthenstaub, welcher die Samenknospen seiner eigenen Blüthe befruchten soll und durch ihn vertrocknet zugleich 2. das saftige Oberhautgewebe der Narbe, welches durch seine Feuchtigkeit den Pollenschlauch hervortreiben und ernähren mufs. Bei einem anhaltenden austrocknenden Winde verdorren deshalb die saftigen Narben der Gräser und die Befruchtung wird verhindert. Ein schwaches Lüftchen und ein warmer milder Regen begünstigen die Bestäubung und deshalb das sogenannte Ansetzen der Früchte, wogegen ein starker Schlagregen den Blüthenstaub aus den Antheren und

Fig. 190.

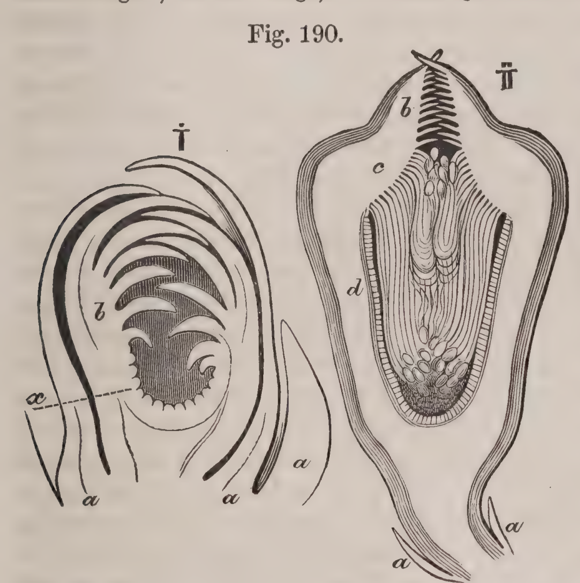


Fig. 190. Der Blüthenstand der Feige. I Längsschnitt durch die noch sehr junge Anlage desselben von Ficus Carica; *a*, *a*, *a* Knospendeckblätter, unter deren Schutz sich die erste Anlage der Feige in der Achsel eines Blattes bildet; *b* die Blätter des jungen Blüthenstandes, in deren Achseln keine Blüthen entstehen und welche später die Mündung der Feige verschliefsen; *x* die Anlage derjenigen Blätter, in deren Achseln darauf die Blüthen erscheinen (25 mal vergröfsert). II Längsschnitt durch eine halbreife Feige von Ficus stipulata; *c* die Region, welche männliche Blüthen bildet, während die weiblichen Blüthen (*d*) im ganzen Umkreis der Höhle sitzen.

von den Narben spült und dadurch für die Bestäubung und somit für die Samenbildung sehr nachtheilig wird.

Ein Fruchtknoten, der nicht bestäubt wird, stirbt in der Regel ab, er schwillt dagegen an, sobald seine Samenknospen befruchtet sind. Die nicht befruchtete Blüthe des Kirschbaumes fällt mit ihrem Stiel vom Zweig, während der Fruchtknoten der befruchteten Blüthe anschwillt und sich zur Kirsche entwickelt. Die nicht bestäubte Orchideenblüthe bleibt wochenlang frisch, bestäubt welken dagegen ihre farbigen Kelch- und Blumenblätter schon nach wenig Tagen, während der Fruchtknoten mächtig anschwillt und zur Ausbildung seiner befruchteten Samenknospen viel Nahrung verbraucht, welche den übrigen Blüthentheilen entzogen werden, so dafs dieselben verwelken und später abfallen müssen.

Um Blüthen und Früchte zu entwickeln, bedarf nun die Pflanze schon einer gewissen Kräftigkeit; manche Bäume blühen erst im vorgerückten Alter (die Tanne und die Buche), auch braucht die aus Samen entstandene Orchideenpflanze mehrere Jahre, um die zur Blüthenbildung nöthige Gröfse und Kräftigkeit zu erlangen *). Der Epheu blüht nur unter sehr günstigen Verhältnissen und ändert alsdann bekanntlich seine äufsere Gestalt, er mufs darnach auch in seinem Innern wesentliche, wahrscheinlich chemisch-physikalische, Veränderungen erfahren. Der Steckling eines blühenden Epheuzweiges aber soll sofort wiederum Blüthen tragen, während der Steckling der nicht blühenden Pflanze vieler Jahre und günstiger Verhältnisse bedarf, um Blüthen zu entwickeln. Wie nun das Blühen und das Fruchtreifen schon eine gewisse Kräftigkeit der Pflanze voraussetzt, so scheint dasselbe auch der letzteren viel Kraft, d. h. viel Nahrung zu entziehen; die einjährigen Pflanzen sterben ab, sobald sie ihre Früchte gereift haben. Die von Saft strotzenden Blätter der Agave americana welken, je mehr sich der colossale Fruchtschaft erhebt und nach der Blüthe stirbt die ganze Pflanze; sie blüht nur einmal und zwar bei uns nur im hohen Alter, in südlichen Ländern dagegen viel zeitiger, um Sevilla vom siebenten bis zehnten Jahre. Die Eiche, welche Früchte trägt, macht in der Regel keinen zweiten Trieb; der Obstbaum der viel Früchte ansetzt, bildet in dem Jahre wenig Zweige, desgleichen folgt auf ein sehr reiches Obstjahr in der Regel eine minder gute Ernte. Die Buche und die Eiche blühen nicht alle Jahre, auch die Fichte trägt nicht alljährlich Zapfen. Der Boden und die übrigen Standortsverhältnisse kommen hier sehr in Betracht; so blüht die Eiche und die Buche auf günstigem Boden häufiger als unter ungünstigen Verhältnissen. Die Tanne, welche nur in ihrem höchsten Gipfel Blüthen trägt, bringt dagegen fast alljährlich Zapfen; die Zahl derselben aber ist gering, während die Fichte in einem guten Samenjahr von der Spitze bis

*) Als seltenes, ja vielleicht einziges Beispiel wurde 1854 von Herrn Benda im Forstrevier Altenplathow eine einjährige Eiche gefunden, welche vier Eicheln angesetzt hatte.

unten hinab mit selbigen behängt ist. — Ein glaubwürdiger Mann erzählte mir, daſs vor Jahren die Pflaumbäume seiner Gegend durch Raupenfraſs heimgesucht und vollständig entlaubt wurden; er reinigte seine Bäume und erhielt auf diese Weise ihre Blätter und sparsamen Blüthen. Im kommenden Frühjahr sah er die Bäume seiner Nachbarn, welche im Sommer zuvor als dürres Holz gestanden, mit Blüthen überdeckt, Aeste und Zweige konnten im Herbst die Menge der Früchte kaum tragen, während seine Bäume, die im Jahre vorher nur mäſsig trugen, auch in dem erwähnten Herbst nur wenig Früchte brachten. Die durch Raupenfraſs entlaubten Bäume, welche im vorhergehenden Herbst keine Früchte hatten, scheinen somit durch die Thätigkeit ihrer Wurzeln reichlich Nahrung, die sie nicht gehörig verwerthen konnten, aufgespeichert und durch diesen Ueberfluſs im folgenden Jahre eine so reiche Ernte geliefert zu haben. Dieselbe Erklärung ist für den Weinstock anwendbar, der in Südfrankreich, nach mehrjähriger durch den Traubenpilz veranlaſster Miſsernte, in den beiden vorletzten Jahren eine viel gröſsere Ernte als vorher geliefert hat, während die Weinzüchter zum Theil den Grund dieses Segens in der Schwefelblüthe suchen, welche zur Vertilgung des Pilzes angewendet wurde, sich aber leider in dem letzten Jahre (1859) nicht mehr bewährt zu haben scheint. — Da die Blüthen unserer Bäume schon im vorhergehenden Sommer angelegt werden (S. 77), so ist die Witterung des letzteren vom gröſsesten Einfluſs und kann man z. B. bei der Buche schon im Herbst nach der Gröſse der Knospen auf das folgende Blüthenjahr schlieſsen (Taf. III. Fig. 34).

Wie die Früchte der Gewächse schon für uns als Nahrungsmittel wichtig werden, da sie vielfach entweder in ihrer Fruchtschale (die Beeren und Steinbeeren), oder in ihrer Samenschale (S. 278), oder in ihrem Sameneiweiſs und Keim, Nahrungsmittel, als Stärkmehl, Klebermehl, Zucker u. s. w. enthalten, so sind sie noch mehr für die Pflanzen selbst nothwendig, weil sie gewissermaſsen das Ziel darstellen, nach dem die letztere streben muſs. Selbst aus dem Keim eines Samens entstanden, bringt die Pflanze wieder Samen mit neuen Keimen. Die Frucht, welche den Samen reifte, verfällt dem Tode, der Keim aber streift seine Samenschale ab und erwacht zu neuem Leben, wobei er zuerst sich durch die Stoffe ernährt, welche die Frucht für ihn bereitet hat. — So wandelt das Leben mit dem Tode Hand in Hand und kreisen die Stoffe ohne Unterlaſs nach ewigen Gesetzen.

IX.

Der Baum und sein Leben.

Jede Pflanze führt ihr eigenes Leben, das vom Entstehen des Keimes bis zum Tode des Baumes ihm eigenthümlich und seinem Wesen nach unveränderlich bleibt.

Die Lebensverschiedenheit der Thiere und der Pflanzen aber, zunächst im inneren Bau begründet, ist eine nothwendige Folge innerer Vorgänge. Nun ist die Pflanze einfacher gebaut als das Thier und ihre Zellen verändern sich weniger als im Thierreich, sie kann deshalb über die Erscheinungen des Zellenlebens leichter Auskunft geben. Es ist uns weiter bekannt, dafs es verschiedene Zellenarten giebt, deren jede ihr verschiedenes Leben führt und dafs die gesetzmäfsige Anordnung und die mit ihr verbundene, eben so gesetzmäfsige Wechselwirkung der verschiedenen Zellen das Leben der Gewächse bedingt und unterhält.

Jeder Theil einer Pflanze lebt und wächst also nach bestimmten Gesetzen, welche in der Anordnung und dem Werth bestimmter Zellen ihre Ursache finden, denn jede lebendige Zelle eines Baumes lebt sowohl für sich, als auch für und durch ihre Umgebung. Wie die Räder eines Maschinenwerkes in einander greifen und durch ihr Zusammenwirken eine bestimmte Thätigkeit entwickeln, so wirkt die eine Zellenart auch auf die anderen; das gesetzmäfsige Zusammenwirken der verschiedenen Zellenarten aber bedingt die bestimmten Thätigkeiten, von welchen wiederum die äufsere Erscheinungsweise jeder Pflanze abhängig ist.

Die Pflanze braucht zum Leben Stoffe und kann selbige nicht erzeugen, weil die Materie überhaupt nicht erzeugbar, sondern ewig ist; wohl aber kann sie aufgenommene zusammengesetzte Stoffe umändern, d. h. in ihre Grundbestandtheile zerlegen und aus letzteren neue Verbindungen (S. 7) darstellen. Sie bedarf deshalb, wie das Thier, Nahrungsstoffe und nimmt dieselben aus der Luft und aus dem Boden.

Der Baum wurzelt im Erdreich und die jüngeren Theile seiner Wurzeln sind mit einer äufserst zarten Oberhaut, welche in der Regel zartwandige Haare ausschickt, versehen. Durch diese Oberhaut und ihre Haare entnimmt derselbe dem Boden in Wasser gelöste Stoffe, sowohl mineralischer

als auch nicht mineralischer Natur. Alle mineralichen Stoffe, die wir entweder als Krystalle in der lebenden Pflanze, oder nach dem Verbrennen derselben, in der Asche wiederfinden, müssen durch die Wurzel dem Boden entzogen sein. Das Kali und das Natron, die Kalk- und die Talkerde, desgleichen die Kieselsäure spielen hier eine wichtige Rolle; auch Eisen findet sich sich überall und daneben Mangan in gewissen Fällen. Andere metallische Salze scheinen dagegen von der Pflanze nur zufällig aufgenommen zu werden. Die letztere braucht Schwefel und Phosphor und erhält beide durch die Wurzel in Form löslicher schwefelsaurer und phosphorsaurer Salze; sie braucht Stickstoff in Menge, der ihr ebenfalls zum gröſsten Theil durch die Wurzel zugeführt wird. — Von der unbegründeten Voraussetzung ausgehend, die Pflanze entnähme ihren ganzen Stickstoff- und Kohlenstoffgehalt der Luft, erklärte Liebig den organischen Dünger für überflüssig. Wenn der Boden selbst viel organische Stoffe enthält, wie die Wald- und Humuserde, so kann er allerdings animalischen Dünger entbehren, er bedarf aber in einem solchen Falle auch des von Liebig empfohlenen mineralischen Düngers nicht. Wer düngt den Wald? und doch hat er bei der richtigen Wahl der Bäume und der richtigen Weise des Betriebes, was er bedarf, er selbst düngt seinen Boden; die abfallenden Blätter verwesen, ihre organischen Bestandtheile verflüchtigen sich theilweise und kehren anderentheils als Humus mit den mineralischen Stoffen zum Boden zurück. Derselbe Baum nimmt vielleicht durch seine Wurzel zu wiederholten Malen dieselben Stoffe auf, welche er mit seinen Blättern vormals abgeworfen. In der Ackererde selbst bildet sich Ammoniak und Salpetersäure; das salpetersaure Natron (der Chilisalpeter) aber ist als ein kräftiges Düngmittel den Landwirthen bekannt; fossile Vogelexcremente (der Guano) dienen ebenfalls, gleich animalischem Dünger, zur Verbesserung des Bodens; ein gedüngter Boden aber giebt bekanntlich einen reicheren Ertrag als ein nicht gedüngter Acker. Die Wirksamkeit des thierischen Düngers liegt nun in seinem Gehalt an Stickstoff und an mineralischen Substanzen. Die Salpetersäure des Chilisalpeters besteht aus Stickstoff und Sauerstoff, das Ammoniak im Guano, zum Theil an Harnsäure, welche gleichfalls stickstoffhaltig ist, gebunden, ist aus Stickstoff und Wasserstoff zusammengesetzt; auſserdem enthält der Guano phosphorsauren Kalk. Der Chilisalpeter wirkt durch seinen Stickstoff, der Guano aber durch den Stickstoff und die Phosphorsäure günstig auf die Vegetation.

Nun arbeitet die Verwesung zu Gunsten des Lebens, indem die Körper todter Thiere und Pflanzen bei ihrem Zerfallen flüchtige Verbindungen mancherlei Art entwickeln, die sich zum Theil in die Atmosphäre verlieren und von den Blättern des Baumes aufgenommen werden, sich zum Theil aber auch mit den im Boden vorhandenen Stoffen zu nicht flüchtigen Verbindungen vereinigen und dann in flüssiger Form von der Wurzel aufgesogen werden. Die wesentlichsten Producte der Fäulniſs sind Ammoniak, Kohlensäure und Wasser, drei Verbindungen, welche zum Leben der Pflanze

nothwendig sind und von ihr entweder in Gas- oder Dunstform, oder mit anderen Stoffen verbunden, in flüssiger Gestalt aufgenommen werden. Die Kalk- und Talksalze des Bodens vereinigen sich mit der frei werdenden Kohlensäure, um als lösliche doppelt kohlensaure Salze von der Wurzel aufgesogen zu werden. So empfängt die Pflanze durch die letztere nicht allein mineralische Nahrung, sondern auch Kohlensäure und Ammoniak, zugleich erhält sie auf demselben Wege den gröfsten Theil des ihr zum Leben so nothwendigen Wassers. Was die Pflanze durch ihre Wurzeln aufnimmt, nenne ich Bodennahrung.

Des Baumes Blätter breiten in der Luft ihre grünen Flächen aus und entziehen durch ihre Oberfläche der Atmosphäre gas- und dunstförmige Stoffe. In der Luft ist Kohlensäure, durch die Verwesung u. s. w. frei geworden, entweder für sich oder an Ammoniak gebunden, vorhanden; in ihr sind ferner, gleichfalls als Producte der Zersetzungen auf der Erdoberfläche, Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff verbreitet, und werden diese Gasarten wahrscheinlich mit der Luft von den Blättern und den grünen Rindentheilen aufgenommen. Die Luft enthält aufserdem Wasserdünste und mit ihnen mechanisch aufgerissene lösliche und unlösliche mineralische und organische Stoffe; die Luft über dem Meere und an den Küsten ist bekanntlich mit Salztheilchen geschwängert. Der Thau und der Regen bringen dort letztgenannte Stoffe mit der Pflanzenoberfläche in Berührung, diese aber nimmt die gas- und dunstförmigen Stoffe und vielleicht auch die gelösten Theile in sich auf; ihre Blätter saugen reichlich Feuchtigkeit ein. Eine kühle, klare Sommernacht erquickt durch ihren Thau Hain und Flur, ein warmer Gewitterregen erfrischt nach langer Dürre den versengten Wald. Was die Pflanze durch ihre Blätter und grünen Rindentheile aufnimmt, nenne ich Luftnahrung.

Während die Oberfläche der jungen Wurzel zunächst für die Aufnahme der Bodennahrung sorgt, hat die Oberfläche der Blätter, sowie die grüne Oberfläche der Pflanze überhaupt, noch eine zweite, sehr wichtige Function: sie dient zur Abscheidung gas- und dunstförmiger Stoffe. Von der Wurzel werden, der Quantität nach, nur sehr wenig Stoffe in den Boden abgeschieden; die Wurzel kann deshalb den Boden nicht, wie man früher glaubte, durch Ausscheiden schädlicher Stoffe verschlechtern; sie entkräftet ihn vielmehr, weil sie ihm lösliche Stoffe entzieht, auch bleiben bei der Ernte ein- oder zweijähriger Gewächse unvermeidlich Ueberreste der Pflanzen und namentlich der Wurzeln im Erdreich, welche dort verwesen und möglicher Weise einer bestimmten Nachfrucht nicht zuträglich sind (S. 169).

Der Baum und jede höher entwickelte Pflanze überhaupt, verarbeitet in seinen Zellen die aufgenommene Boden- und Luftnahrung; der chemische Procefs ist deshalb in den lebendigen Zellen der Gewächse fortdauernd thätig; er zerlegt und verbindet fortwährend. Wie der Baum unserer Zone im Sommer unaufhörlich dem Boden und der Luft Stoffe entnimmt, so

giebt er auch fortwährend und zwar namentlich durch seine Blätter und grün gefärbte Rindenoberfläche andere Stoffe wieder ab. Die grüne Oberfläche der Pflanze verdunstet, zumal bei trockener Luft, Wasser in grofser Menge, sie haucht aufserdem Sauerstoff und des Nachts Kohlensäure in die Atmosphäre. Die Aufnahme der Stoffe aber scheint bei der Pflanze mit dem Abgeben anderer in einem bestimmten Verhältnifs zu stehen. Im Winter ist das Leben des Baumes, durch das Herabsinken der Wärme, unthätig geworden; der Laubwald hat seine Blätter verloren, und die Wurzelspitzen sind durch das Absterben ihrer thätigen Oberfläche zur Aufnahme der Bodennahrung untauglich geworden. Der Saftaustausch innerhalb der lebenden Zellen stockt also, weil die Function der Blätter und der Wurzeln aufhört und damit das chemische Gleichgewicht im Zellsaft nicht weiter gestört wird. Für diejenigen Bäume der Tropen, welche sich zu einer gewissen Zeit entlauben, gilt ein ähnliches Verhältnifs, doch ist die Ursache der gehemmten Lebensthätigkeit hier in dem Mangel an Feuchtigkeit zu suchen; mit dem Eintritte der Regenzeit belaubt sich der Baobab (Adansonia digitata) aufs Neue*).

Die Blätter sind dem Lichte ausgesetzt und wenden in der Regel ihre breiteste Fläche demselben entgegen (S. 153). Durch den Einflufs des letzteren ändert sich der chemische Procefs in ihren Zellen, es entsteht Blattgrün**) und durch dasselbe die grüne Färbung der Blätter. Das Rindenzellgewebe unter einer noch thätigen Oberhaut verhält sich nun wie das Gewebe der Blätter; die jugendliche Rinde der Bäume ist deshalb grün gefärbt. Selbst der Peridermaüberzug der Buchenrinde scheint den chemischen Einflufs des Lichtes auf die unter ihm liegenden Zellen nicht ganz zu hemmen, da eine grün gefärbte Zellenschicht unter diesem Periderma liegt; dagegen scheint die starke Borkbildung anderer Bäume den Lichteinflufs und damit die Bildung des Blattgrüns mehr oder weniger zu beschränken. — Die Oberhaut der oberen Blattfläche ist bei den meisten Bäumen ohne Spaltöffnungen, während die untere Blattfläche, den Wachholder ausgenommen, Spaltöffnungen besitzt. Die obere Seite des Blattes scheint mehr für die Einwirkung des Lichtes, die untere dagegen mehr für die Aufnahme und Abgabe gas- und dunstförmiger Stoffe bestimmt. Die grün gefärbte Rinde junger Zweige ist desgleichen mit einer thätigen Oberhaut, welche in vielen Fällen Spaltöffnungen führt, versehen.

Der Baum, wie jegliche Pflanze, kann nur durch seine Oberfläche Nahrungsstoffe aufnehmen und ebenfalls nur durch dieselbe nicht benutzte

---

*) Der Baobab und die ihm verwandten Bombax-Arten verlieren mit dem Ende des December ihre Blätter, welche im Mai durch junges Laub ersetzt werden.

**) Die selten vorkommende Bildung des Blattgrüns im Keim, z. B. bei Tropaeolum und Pistacia, desgleichen im Mark junger Zweige erfolgt gleichfalls ohne directen Einflufs des Lichtes.

oder nicht mehr brauchbare Stoffe abgeben, er hat nicht, wie das Thier, innere Ernährungs- oder Verdauungsorgane. Dagegen besitzt er wieder das Vermögen, Stoffe im Innern seiner Zellen so abzuscheiden, daſs sie wenigstens für den Haushalt der Pflanze unthätig werden. Die Bildung der Krystalle, ja die Bildung des Stärkmehls und der festen Reservestoffe überhaupt, gehören hierher, und die Ausscheidungen der Oele, Harze, des Gummi's u. s. w., in bestimmte Hohlräume, in die Harzgänge und Gefäſse, sind noch mehr als Secrete zu betrachten, da sie niemals wieder anderweitige Verwerthung finden. Auch der Milchsaft in seinen besonders gebauten Zellen scheint mir zu ihnen gehörig. Die Pflanze entledigt sich also der für sie unbrauchbaren oder schädlichen Stoffe auf eine andere Weise als das Thier, welches die Nahrung gleichfalls auf andere Weise empfängt. Aber nicht die ganze Oberfläche des Baumes ist zur Aufnahme und zur Abscheidung fähig, nur bestimmte, meistens noch jugendliche, Theile desselben dienen solchem Geschäfte. Der unterhalb der Wurzelhaube einer jeden Wurzel gelegene Theil der letzteren besorgt zunächst die Aufnahme der Bodennahrung, während die älteren Wurzeltheile, deren Auſsenrinde abgestorben und mit Borke bedeckt ist, keine Bodennahrung mehr aufzunehmen vermögen. Die Rinde des Stammes ist gleichfalls nur so lange, als ihre Oberhaut lebendig bleibt, zur Aufnahme von Luftnahrung fähig.

Die Wurzel wächst an ihrer Spitze, welche immer weiter rückt und entweder in die Tiefe geht oder sich mehr in die Fläche ausbreitet. Auf diese Weise trifft sie immer auf neue Theile des Bodens und entnimmt denselben, was sie löslich findet und was ihre Wurzelhaare aufzunehmen vermögen. So wie aber die Wurzel durch ihre Spitze weiter rückt, stirbt ihre Oberhaut gleichzeitig von hinten her ab. Die älteren Wurzeltheile verhalten sich deshalb zum Boden indifferent. Auf den Wachsthumsgesetzen der Wurzel beruht also das ungleiche Gedeihen eines tief wurzelnden Baumes, der auf geschichtetem Boden steht; so lange nämlich seine Wurzelspitzen in einer ihm ungünstigen Bodenschicht streichen, gedeiht derselbe schlecht, sobald sie aber in eine bessere Bodenschicht gelangen, erholt sich auch die vormals kränkelnde Pflanze; bei einem umgekehrten Verhältniſs ändert sich gleichfalls des Baumes Befinden. Bäume, auf altem Gemäuer wachsend, z. B. Fichten auf der Klosterruine Paulinzell (Thüringer Wald) werden selten alt. An Luftnahrung fehlt es denselben nicht, wohl aber mangelt, wenn sie ein gewisses Alter erreicht haben, die Bodennahrung, der Baum wird kränklich und stirbt, würde aber, so lange er die genügende Bodennahrung findet, auch hier fortwachsen, wie es die schönen starken Eschen auf dem Gemäuer von Nedly-Abbay bei Southampton beweisen. — Die Fichte keimt sehr gern auf faulen Tannenstöcken, weil sie dort reichlich Nahrung findet.

Aber nicht die Wurzeln allein, auch die Zweige der Bäume bilden über kurz oder lang unter ihrer Oberhaut eine Korkschicht, welche die Aufnahme und Abscheidung gas- und dunstförmiger Stoffe beschränkt oder

verhindert. Die Verdunstung an der Oberfläche des entlaubten Baumes, dessen junge Zweige längst ein Kork bedeckt, ist wahrscheinlich im Winter sehr gering; dieselbe spielt aber bei den Laubbäumen zur Sommerzeit für den Saftaustausch eine wesentliche Rolle und wenn sie aufhört, mufs auch die Diosmose beschränkt werden. Darum aber sind die Zellen der im Winterschlaf ruhenden Pflanze keinesweges wirklich todt, es fehlen ihnen nur die Bedingungen zum normalen Leben, welche in unseren Breiten zunächst in der hinreichenden Wärme, unter den Tropen dagegen in einer genügenden Feuchtigkeit beruhen und deshalb ausreichen, die scheintodte Pflanze dem Leben zurückzuführen. Wie könnte die Kartoffelknolle sonst zur Winterzeit im Keller erlittene Beschädigungen vernarben. So ist denn auch der Winterschlaf der Bäume ein zwar beschränktes, aber keinesweges ganz aufgehobenes Leben.

Jede Zellenart hat, wie wir gesehen, ihre eigene Lebensweise und ihre eigene Bestimmung und dennoch liefern innerhalb gewisser Grenzen dieselben Zellenarten bei verschiedenen Pflanzen verschiedene Erzeugnisse; so enthält der Milchsaft sogar innerhalb derselben Pflanzenfamilie sehr verschiedene Stoffe (bei Euphorbia canariensis und E. piscatoria furchtbar giftig, ist er bei E. balsamifera, welche neben den genannten die kahlen Felsenschluchten der Canaren bedeckt, durchaus unschädlich). Geringe chemische und anatomische Verschiedenheiten der betreffenden Zellen, desgleichen ihrer Umgebung, müssen die Ursache der verschiedenen Erzeugnisse sein, denn jede Zellenart verarbeitet die ihr dargebotenen Nahrungsmittel in bestimmter Weise und wirkt wieder eben so gesetzmäfsig auf die Zellen ihrer Umgebung. Durch den chemischen Procefs in der lebenden Zelle und durch das Streben nach Ausgleichung zwischen dem Zellsaft der einen und der anderen Zelle entsteht nun der Saftaustausch innerhalb der Pflanze, welcher durch Diffusion (S. 33) vermittelt wird; darnach finden sich nun im Baume, Saftströme sehr verschiedener Richtungen. Eine und dieselbe Pflanzenzelle kann möglicher Weise den einen chemischen Stoff aufwärts und den anderen abwärts führen (S. 33). Der Holztheil der Gefäfsbündel führt einen Hauptsaftstrom von der Wurzel durch Stamm und Zweige bis in die Spitze der Blätter, welcher reich an stickstoffhaltigen Substanzen ist (Zucker und Schwefelsäure färben das Cambium der Gefäfsbündel jederzeit rosenroth). — Der Basttheil in der Rinde führt dagegen einen anderen Saftstrom abwärts durch den Stamm und setzt dabei die mineralischen Substanzen an die umgebenden Zellen ab, so dafs sich in der Umgebung der Bastzellen oder der Siebröhren überall Krystalle finden. Die einzelnen Zellenarten der Gefäfsbündel selbst wirken aber sowohl bei dem auf- als auch bei dem abwärtssteigenden Saftstrom wahrscheinlich auf verschiedene chemische Stoffe, so dafs die eine Zellenart mehr diesen, die andere dagegen mehr einen anderen Stoff auf- oder abwärts leitet. Aufserdem vermittelt das Parenchym, welches in verschiedener Form und Anordnung überall in der Pflanze verbreitet ist, als Mark das Centrum

des Stammes einnimmt, als Markstrahlen die Gefäſsbündel durchsetzt und endlich in der primären Rinde die Gefäſsbündel rings umhüllt, Saftströme verschiedener Richtungen, die sich vielleicht zunächst nach dem Bedarf der einzelnen Zellen und ihrer Nachbarschaft richten. Die Erscheinungen des Ringelns der Zweige (S. 125), desgleichen die mehrjährige Fortdauer des Wachsthums bei einem nur von oben her mit der Rinde des Stammes verbunden gebliebenen Rindenstück (S. 229) sprechen zu Gunsten des abwärts gehenden Saftstromes im Basttheil der Gefäſsbündel, welches in der Rinde der dicotyledonen Gewächse liegt. Der Vegetationskegel der Stamm- und der Wurzelknospe ist endlich durch den starken Verbrauch der Stoffe zu den durch ihn geschaffenen Neubildungen eine wesentliche Ursache der Störung des Gleichgewichtes im löslichen Inhalt der lebendigen Zellen und dadurch mittelbar die Ursache eines auf- und abwärts gehenden Saftstromes.

Keine Seite des Pflanzenlebens liegt noch so im Dunkeln als die Lehre vom auf- und abwärts gehenden Saftstrome innerhalb der höheren Pflanze. Die alten Hypothesen sind, seitdem man den inneren Bau der Gewächse näher kennen gelernt, gänzlich unbrauchbar geworden. Der Saft geht nämlich nicht in Röhren, in den Gefäſsen, auf und ab, wie man es früher angenommen; die Gefäſse führen vielmehr, sobald sie Röhren bilden, keinen Saft mehr, sondern sind mit Luft erfüllt. Die Gefäſszellen und auch die Holzzellen leiten also nur für eine kurze Zeit den Saft, sind aber so lange für die Saftbewegung vorzugsweise thätig; das Holzparenchym dagegen, welches viele Jahre saftreich bleibt, unterhält mit den Markstrahlen im Splinte für lange Zeit die Saftverbindung und mögen sich zu ihnen auch diejenigen Holzzellen gesellen, welche sich functionell wie das Holzparenchym verhalten, aber nicht bei allen Holzgewächsen vertreten sind. Die Art der Saftbewegung richtet sich allein nach dem Ort des Verbrauches und nach der chemischen Beschaffenheit des Zelleninhaltes und der Zellenwandung. Der starke Verbrauch der Stoffe durch die Stammknospen bedingt wahrscheinlich zunächst den aufwärts steigenden Saftstrom und der nicht minder starke Verbrauch der Stoffe durch die Wurzelknospen veranlaſst ebenso wahrscheinlich den Strom in abwärts gehender Richtung; der Verbrauch bestimmter chemischer Stoffe in einer gewissen Zellenart erzeugt endlich Ströme in verschiedenen anderen Richtungen. — Wir finden, wie sich mit Sicherheit nachweisen läſst, in bestimmten Zellen bestimmte chemische Stoffe, welche anderen Zellen fehlen.

Nach T. Hartig*) wird der rohe Nahrungssaft von den Wurzeln aufgesogen, er steigt ausschlieſslich in den „ächten Holzröhren“ (Gefäſsen) bis zu den Blättern empor und wird hier zu „primärem Bildungssaft“ umgewandelt, der durch „das Siebfasergewebe“ der Rinde in die tieferen Baumtheile gelangt, wo sich aus ihm in bestimmten Zellenarten (in den

*) Botanische Zeitung 1858. No. 44 u. 45.

Mark- und Rindenzellen, Markstrahlen, Holzparenchym und bei einigen Bäumen auch in den Holzzellen) die in ihnen überwinternden Reservestoffe bilden, welche im kommenden Frühjahre gelöst und mit dem aufsteigenden Rohsaft gemischt, als „secundärer Bildungssaft," der Zunahme der Holzpflanzen an Trieben, Blättern, Holz und Rinde dienen. Die Pflanze schafft nach Hartig alljährlich Reservestoffe in bestimmter Menge, auf deren Verwendung ihre Vergröfserung im kommenden Jahre beruht. — So richtig diese Vorstellung im Allgemeinen ist, so läfst sich gegen das Einzelne doch mancher Zweifel erheben, 1. weifs ich nicht, warum die Gefäfse allein den Rohsaft aufwärts führen sollen und weshalb Hartig die „Holzfasern" (Holzzellen) zur Aufwärtsbeförderung der bei der Bildung fester Stoffe ausgeschiedenen Flüssigkeit auserkoren hat; wie stände es denn um die Nadelhölzer, die keine wahren Gefäfse besitzen? Ich glaube zwar ebenfalls, dafs die Gefäfs- und Holzzellen bei der Saftbeförderung verschieden wirken, allein ich bescheide mich hierüber nichts Näheres zu wissen. Beim geringelten Zweige aber, der noch Jahre lang fortlebt, sind keine jugendlichen Gefäfse vorhanden, die alten aber sämmtlich lufterfüllt und dennoch dauert die Saftverbindung innerhalb des Holzes fort und wird durch safterfüllte Holzzellen und wahrscheinlich auch durch das Holzparenchym unterhalten (bei der Buche). 2. Sind die Reservestoffe, welche der Baum im vorhergehenden Herbste aufgespeichert hat, keinesweges ausreichend, um ihn bis zum Herbst des laufenden Jahres in normaler Weise zu ernähren; der Baum braucht vielmehr während seiner Vegetationszeit einen grofsen Theil der von den Blättern und Wurzeln aufgenommenen Nahrung und verwerthet nur einen anderen Theil zur Bildung der Reservestoffe, welche bei den meisten Bäumen erst im Herbst beginnt (beim Ahorn nach Hartig schon im Mai, bei der Kiefer dagegen erst im September). Die aufgelösten Reservestoffe reichen in den meisten Fällen nur für die erste Zeit, wo zur Ausbildung der im vorjährigen Herbst angelegten Triebe viel Nahrungsstoffe verlangt werden und noch keine ausgebildeten Blätter vorhanden sind, welche aus der Luft Kohlensäure u. s. w. entnehmen könnten. Sobald aber die jungen Zweige mit ihren Blättern vollständig ausgebildet sind, ist auch der Vorrath der Reservestoffe meistens verbraucht; wenn jetzt die Blätter genommen werden, so bildet sich der Holzring und die secundäre Rinde nicht weiter, wofür die Kiefer mir im letzten Sommer treffliche Belege lieferte. Durch Raupenfrafs (Noctua piniperda) beschädigt und theils im Herbst ganz abgestorben, theils noch lebendig, war in beiden Fällen in den im December geschlagenen Stämmen die Bildung des letzten Jahresringes nur bis zur Hälfte vollendet und bei den Stämmen, deren Cambium noch unversehrt geblieben, bis zur Erzeugung der Harzgänge gelangt, welche bei der Kiefer etwa in der Mitte des Jahresringes liegen; das Herbstholz war in beiden Fällen nicht vorhanden. Die Bildung der Reservestoffe (des Stärkmehls) aber war sowohl in den Markstrahlen des Holzes als auch in dem Rinden-

gewebe vollständig unterblieben. — Die Stärkmehlbildung beginnt nach Hartig in den Wurzeln früher, als in den überirdischen Theilen des Baumes, und dauert in ihnen auch länger; sie enthalten nach ihm viermal so viel Stärkmehl (bei den harten Laubhölzern, die am reichsten daran sind); die Holzbildung beginnt dagegen in den oberen Extremitäten Anfangs Mai zuerst und setzt sich langsam nach abwärts fort. Im Juni und Juli sind nach Hartig die Reservestoffe vollständig gelöst, und beträgt alsdann das durchschnittliche Mindergewicht des festen Rückstandes im Stamme:

für die harten Laubhölzer . . 7 pCt.
für die weichen Laubhölzer . 8 -
für die Nadelhölzer . . . . . . 3 -

Bei geringelten Bäumen hört nach ihm die Stärkmehlbildung unter der Ringelung auf, und wenn dieselbe vor dem Beginne der Holzbildung ausgeführt wurde, so erscheint nur der schwache Anfang eines neuen Jahresringes. Das Letztere ist richtig, steht aber mit der früheren Behauptung, nach welcher der Baum für die Holzbildung des laufenden Jahres nur der, im Herbste vorher gesammelten, Reservestoffe bedürfe, nicht im Einklange. Das Stärkmehl dagegen war aus einem, im Mai geringelten, Buchenaste, welcher unter sich keine Zweige hatte, nicht verschwunden, doch anscheinend in geringerer Menge vorhanden. Das Mark des genannten Astes war trocken, das Splint dagegen, selbst in der entrindeten Partie, mit Ausnahme des letzten Jahresringes, safterfüllt, und in den Markstrahlen und dem Holzparenchyme mit Stärkmehl versehen. Dieser eine Versuch kann aber nicht entscheiden, und werde ich im kommenden Frühjahre, mit Unterstützung meines Freundes Ratzeburg, weitere Ringelungsversuche anstellen. — Die Hanstein'schen Versuche endlich sind für das Abwärtssteigen des Saftes im Basttheile der Gefäſsbündel entscheidend (S. 126), doch bleibt es fraglich, ob beim geringelten Aste der abwärts gehende Strom vollständig aufgehoben ist; man müſste eigentlich annehmen, daſs auch der aufwärtssteigende Strom sehr beeinträchtigt worden, weil zwei Zellenelemente für denselben, das Cambium und die Gefäſse, ihm nicht mehr dienstbar sind. Wenn dagegen die Markscheidezellen noch lebendig bleiben, und wie es mehrfach vorkommt (bei Linum, Vinca, Ipomaea tuberosa), Elemente des Basttheiles enthalten, so müſste durch sie ein abwärtssteigender Saftstrom Vermittelung finden*).

Das Bluten des Weinstockes und der Birke**), desgleichen die Saftfülle im Cambium unserer Bäume bei Eintritt des Frühlings, beruht auf einer

*) Bei denjenigen Monocotyledonen, welche in der secundären Rinde Bastbündel besitzen, die Palmen, Pandanus u. s. w., ist die Wurzelbildung am geringelten Aste ganz wie bei den Dicotyledonen; die Bastbündel dienen auch hier dem abwärtsgehenden Saftstrome (Hanstein).

**) Nach Hartig bluten auch die Buche, Weiſsbuche, desgleichen der Nuſsbaum, Ahorn und der Cornus.

Ueberfüllung mit Saft bei einer ungenügenden augenblicklichen Verwerthung desselben. Wenn die Pflanze erst zu treiben beginnt, hört auch das Bluten auf; hätte der Baum nicht zur Herbstzeit in seiner Rinde und in bestimmten Theilen seines Splintes (in den Markstrahlen und im Holzparenchym) Stärkmehl u. s. w. aufgespeichert, welches sich durch die Wärme und Feuchtigkeit des Frühlings chemisch verändern, verflüssigen, könnte, so würde er die in seinen Knospen angelegten Triebe nicht entfalten können. — Der Keimling einer Pflanze bedarf, ehe er selbst Blätter besitzt, der Samenlappen oder des Sameneiweifses, welche für ihn Nahrung liefern und der junge Trieb in der Knospe mufs eben so gut, bis er seine Blätter entfaltet, in der Rinde und im Splint seine erste Nahrung suchen; später dagegen sorgen die Blätter des Keimlings und der Knospe selbst für die Luftnahrung des jungen Triebes. Die jungen Triebe aber verbrauchen viele Nahrung; der Weinstock und die Birke bluten deshalb nur für kurze Zeit und auch die Rinde unserer Waldbäume schält sich im Frühling nicht lange und dann zum zweiten Male zur Zeit des sogenannten zweiten Triebes, wo der Zweig des Jahres ausgebildet ist und sich in den Knospen desselben die Anlage neuer Triebe bildet, wobei durch das veränderte Lebensverhältnifs eine augenblickliche Stockung im Wachsthum einzutreten scheint, deren Folge eine momentane Saftfülle ist (vergl. S. 80).

Schon im Keime der verschiedenen Bäume sehen wir wesentliche, sowohl chemische als anatomische Verschiedenheiten. Die Euphorbiaceen milchen schon, wenn ihre Keimpflanze die Samenschale abstreift; die Keimpflanze der Erle macht schon in den ersten Wochen die ihr eigenthümlichen Wurzelanschwellungen (Taf. IV. Fig. 33); im Keim liegt also schon die Anlage zu allen späteren chemischen und anatomischen Verschiedenheiten der Pflanze. Der Stamm, das Blatt und die Wurzel eines jeden Baumes haben innerhalb gewisser Grenzen ihren besonderen Bau und danach auch ihre besonderen Eigenthümlichkeiten. Die eine Baumesart verlangt überdies andere Bodennahrung als die andere; die eine gedeiht unter diesen, die andere nur unter jenen klimatischen Verhältnissen. Manche können sich wieder den Verhältnissen, in welche sie gebracht werden, unterordnen, wonach man bodenfeste und bodenvage, klimafeste und klimavage Gewächse unterscheidet. (Die Kiefer gedeiht auf sehr verschiedenen Bodenarten, die Tanne nur auf einem schweren, feuchten Grunde.) Höchst wahrscheinlich verändert sich aber nach dem Standort auch innerhalb bestimmter Grenzen das Leben einer Pflanze. So hatte die Keimpflanze der Kiefer, welche im ersten Jahre zu Neustadt, kaum über einen Zoll lange Triebe und im zweiten Jahre vielleicht doppelt so lange Schüsse gebildet, (Fig. 191) in Oberschlesien auf Moorboden an der Oder im ersten Jahr bis vier Zoll und im zweiten Jahre bis zehn Zoll lange Schüsse getrieben*). Die Wurzel einiger Bäume (der Eiche) entwickelt auf magerem Boden

*) Nach Ratzeburg's freundlicher Mittheilung.

mehr und längere Wurzelhaare als in fetter Erde; die Tanne dagegen scheint niemals Wurzelhaare zu entwickeln und schon deshalb auf einen schweren Boden angewiesen. Im Allgemeinen aber darf man annehmen, dafs die Menge der Wurzelhaare im mageren Boden zunimmt, wie auch die Menge der Haare und drüsenartigen Gebilde am Stamm und an den Blättern sich vielfach nach den Oertlichkeiten ändert. (Die Matthiola maderensis, welche an den steilen Felsenklippen Madeiras nistet, ist nach der Oertlichkeit bald ganz frei von Drüsen, bald sparsam und bald reichlich mit ihnen versehen.) — Würde man vergleichend den Bau der Pflanzen recht genau studiren und gleichzeitig den Einflufs verschiedener äufserer Verhältnisse auf denselben eben so scharf ins Auge fassen, so dürfte man sicherlich schöne, sowohl für die Wissenschaft als auch für die Praxis wichtige Resultate gewinnen.

Fig. 191.



Die weite Verbreitung bestimmter Baumarten und die engen Bezirksgrenzen anderer beruhen sicherlich auf der inneren Organisation und auf dem Vermögen oder Nichtvermögen, sich unter bestimmte Verhältnisse zu bequemen. Unsere Kiefer z. B. hat einen sehr weiten Verbreitungsbezirk, die Lerche dagegen einen sehr engen. — Betrachten wir deshalb die geographische Verbreitung unserer Waldbäume etwas näher*).

Die Weifstanne (Abies pectinata DC.) findet die nördlichste Grenze ihrer Waldverbreitung im 51° der Breite; angepflanzt, geht sie in Tellemarken bis zum 59°. In Thüringen, Sachsen, Schlesien, ist sie ostwärts auch in den Karpathen zu Hause, wo sie bis 3600 Fufs aufwärts steigt, und südwärts in den Alpen, woselbst sie mit der Fichte gemischte Bestände bildet und bis zu 4500 Fufs aufwärts geht. Sie liebt einen tief-

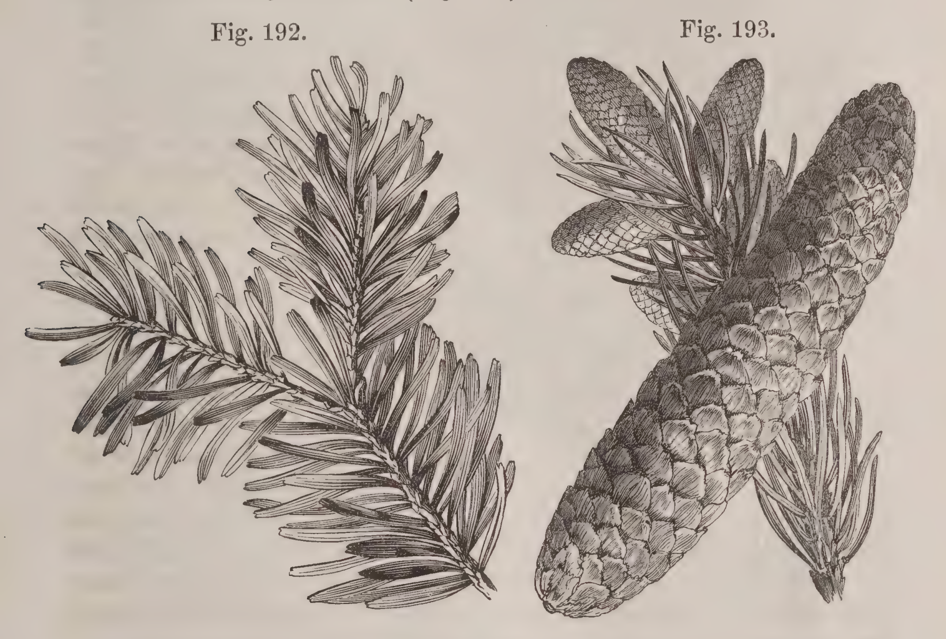
Fig. 191. Eine Keimpflanze der Kiefer im Mai des zweiten Lebensjahres, aus dem Forstgarten zu Neustadt. Aus der Achsel der oberen Primordialblätter des erstjährigen Triebes treten Doppelnadeln hervor, als Charakter der zweijährigen Kiefer (S. 54).

*) Ich habe hier vorzugsweise die Angaben von Senft (Lehrbuch der forstlichen Botanik. Jena 1857), desgleichen von Berg's Verbreitung der Waldbäume und Sträucher in Norwegen, Schweden und Finnland (Tharander Jahresbücher 1859) und Fiscali (Deutschlands Forstculturpflanzen. Wien und Olmütz 1858) benutzt.

gründigen, lehmigen, fetten Boden, eine geschützte Lage und ein mildes Klima (Fig. 192).

Die Fichte (Picea vulgaris Link.) erreicht mit dem 76°, am Vorgebirge Kunnen ihr nördlichstes Vorkommen und bleibt im Gebirge 2900 bis 2700 Fufs unterhalb der Schneelinie, welche im 62° bei 5000 Fufs eintritt. Empfindlich gegen Meeresnebel, verläfst sie die Küste und ist mehr im Innern des Landes zu Hause. In den Gebirgszügen, welche Deutschland vom Schwarzwalde und den Vogesen quer durch seine Mitte bis zu den östlichen Sudeten durchziehen, vorzugsweise verbreitet, erscheint sie auch in den Karpathen und in den Alpen, desgleichen in den Pyrenäen und in den Gebirgen Italiens (Fig. 193).

Fig. 192. Fig. 193.



Die Kiefer (Pinus silvestris) geht in Norwegen bis über den 70° hinaus und findet dort für Europa ihre Nordgrenze, wo sie zwar niedrig, aber dennoch immer baumartig bleibt (30—36 Fufs hoch) und brauchbares Nutzholz liefert. Im Dovregebirge (62,5°) steigt sie noch bis 2800 Fufs über das Meer hinauf. Sie ist im Norden von Rufsland, in Sibirien und in Schottland, desgleichen in Nord-Deutschland, zu Hause, bildet aber auch südlich (Hauptsmoor bei Bamberg) die prachtvollsten Bestände und steigt in den Alpen bis zu 3000 Fufs über das Meer. Das Knieholz (Pinus Pumilio) ist nur in der höheren Gebirgsregion heimisch; am Inselsberg 3000 Fufs über dem Meere und in den Alpen bis 6000 Fufs

Fig. 192. Nadelstand der Edeltanne (Abies pectinata).
Fig. 193. Junger Zapfen und männliche Blüthe der Rothtanne (Picea vulgaris).

(Fig. 194). Die Zirbelnufskiefer (Pinus Cembra) nur in den Alpen und Karpathen, steigt in Tyrol bis 7000 Fufs (Fig. 195). Die Schwarzkiefer (Pinus austriaca Höss.) ist fast nur in den österreichischen Gebirgen zu Hause. Die Weimouthskiefer (Pinus Strobus L.) dagegen, aus Amerika zu uns gebracht, erscheint als Baum der niederen Regionen (Fig. 196). Die Pinie (Pinus Pinea), desgleichen Pinus Pinaster und Pinus maritima gehören dem Süden Europa's und die canarische Kiefer (Pinus canariensis) ist nur den Canaren eigen und weder auf der Madeiragruppe, noch auf den Azoren zu Hause; in der Caldera von Palma erscheint sie im Walde neben der Dattelpalme.

Fig. 194.



Fig. 194. Zweig der Krummholz- oder Zwergkiefer (Pinus Pumilio).

Die Lerche (Larix europaea DC.) ist ein ächter Alpenbaum, der auf Kalk und Glimmerschiefer mächtige, oft von sieben Mann nicht zu umspannende Stämme bildet. In einer Höhe von 2800—4000 Fufs bildet sie grofse Wälder, geht aber einzeln bis 6000 Fufs ins Gebirge. Auch Rufsland und Sibirien haben Lerchenwälder; in Scandinavien angepflanzt, gedeiht sie bis zum 61°.

Der Wachholder (Juniperus communis) wächst sowohl in der Nähe der Schneeregion, als auch in warmen Ländern und ist mit den dürftigsten Boden zufrieden.

Der Eibenbaum (Taxus baccata) bildete vormals in Deutschland kleine Gebirgswälder, kommt aber jetzt nur noch vereinzelt vor. Sendtner sah im Algau mehrere bis 24 Fufs hohe Taxusbäume von 10 Fufs Stammumfang. Er erscheint auch vereinzelt in den Wäldern Madeira's und der Canaren neben Juniperus Cedrus.

Die Sommereiche (Quercus pedunculata) ist auf tiefgründigem, lehm- und kalihaltigem Sandboden und in den muldenförmigen Thälern

des Sandsteingebirges und Keupers durch ganz Deutschland verbreitet, sie geht in Norwegen bis zum 63° und steigt in den bayerischen Alpen bis

Fig. 195. Fig. 196.

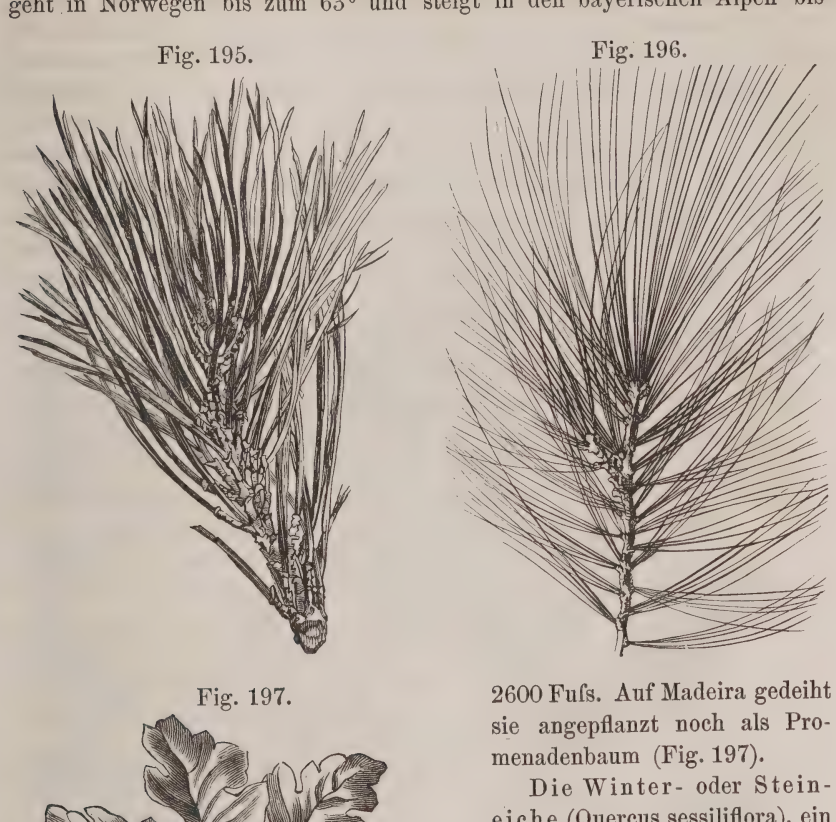


Fig. 197.

2600 Fuſs. Auf Madeira gedeiht sie angepflanzt noch als Promenadenbaum (Fig. 197).

Die Winter- oder Steineiche (Quercus sessiliflora), ein kälteres Klima liebend, geht höher nach Norden, bis zu 64°, aber weniger weit nach Süden, sie ist mehr Gebirgsbaum und steigt in Südtyrol bis 4200 Fuſs über das Meer.

Die Zerreiche (Quercus Cerris L.) ist in Ungarn, Kroatien, Slavonien, Krain und Nieder-Oesterreich zu Hause; ihre Früchte gebrauchen zwei Jahre zur Reife (Fig. 182. S. 267).

Fig. 195. Nadelstand der Zirbelnuſskiefer (Pinus Cembra).
Fig. 196. Nadeln der Weimouthskiefer (Pinus Strobus).
Fig. 197. Blattstand der Sommereiche (Quercus pedunculata).

Die immergrünen Eichen gehören dem südlichen Europa und die Korkeiche (Quercus Suber) nur der Mittelmeerflora.

Die Rothbuche (Fagus silvatica) liebt kalk- und lehmhaltigen, an Kali reichen, mäſsig feuchten, humusreichen Boden (auf Kalkformation und Nagelflug). Sie ist zwischen dem 65° östlicher und 65° westlicher Länge (von Ferro gerechnet) zu Hause, geht in Norwegen bis zum 60° der Breite, in Schottland und Schweden bis 57°, in Ruſsland aber nur bis 45°. In Nordamerika ist sie bis jetzt nur zwischen dem 32° und 45° der Breite gefunden. Im Norden ihres Gebietes nur in den Ebenen zu Hause, steigt sie mit der Annäherung zum Aequator immer höher und geht im Harze und Thüringer Walde (Wurzelberg) schon bis 3000 Fuſs, in den Karpathen bis 3900 Fuſs und bildet am Aetna zwischen 4000—6000 Fuſs die Waldesgrenze (Fig. 198).

Fig. 198.



Die ächte Kastanie (Castanea vesca) ist über Europa, Asien und Amerika im Bereiche der wärmeren Zone verbreitet, in Süddeutschland (Nassau, Rheinbayern) bildet sie schon kleine Wälder, in Griechenland, Italien, Südfrankreich, Spanien und Portugal ist sie dagegen sehr gemein und wurde von den beiden letzten Ländern nach den Canaren und nach Madeira gebracht, wo sie in einer bestimmten Bergesregion (2000—3000 Fuſs über dem Meere) herrliche Wälder bildet. Der Castagno di centi cavalli am Aetna soll am Wurzelstock 180 Fuſs Umfang besitzen (?).

Die Wallnuſs (Juglans regia) stammt aus Persien und ist bei uns nur cultivirt. Die nordamerikanische Wallnuſs (Juglans nigra) kann das deutsche Klima besser vertragen.

Die Weiſsbuche (Carpinus Betulus) ist durch den gröſsten Theil Europa's verbreitet, sie liebt schattigen, nicht zu nassen kalk- und thonerdehaltigen Boden, steigt nicht hoch ins Gebirge, bei Berchtesgaden bis 2700 Fuſs und findet mit dem 56° ihre nördliche Grenze (Fig. 105. S. 137).

Der Haselstrauch (Corylus Avellana) ist durch ganz Europa und auch in Asien zu Hause, liebt lehm- und kalkhaltigen, nicht zu nassen Boden und findet mit 66° seine nördlichste Grenze. In Spanien ist eine Abart, Corylus Avellana barcelonensis, sehr verbreitet.

Die Birke (Betula alba) erscheint in der Ebene und im Gebirge durch ganz Deutschland, liebt lockeren, nicht humusarmen, sandig lehmigen Boden, gedeiht aber auch auf Sandboden mit lehmigem Untergrunde.

Fig. 198. Laubgruppe der Rothbuche (Fagus silvatica).

Sie geht sehr weit nach Norden, in Ruſsland bis 69°, in Scandinavien bis 71° (am Nordkap, wo sie aber nicht über 10 Fuſs Höhe erreicht). Am St. Gotthard steigt sie bis 5500 Fuſs über das Meer. Ruſsland hat die schönsten Birkenwälder. Die Schwarzbirke (Betula pubescens) ist mehr ein Baum des Nordens und findet sich ln Deutschland nur versprengt. Die Zwergbirke (Betula nana) erscheint als kleiner Strauch der höheren Gebirge (unter der Spitze des Brockens, der Schneekoppe u. s. w.), in Norwegen dicht unter der Schneegrenze (Fig. 199).

Die Erle (Alnus glutinosa) ist durch ganz Europa verbreitet, in Ruſsland bis zum weiſsen Meere, in Schweden bis nach Gothland und im



Süden überall auf nassem, morastigem Boden. In den bayerischen Alpen steigt sie bis 2700 Fuſs und in Südtyrol noch höher. Alnus incana, auf mäſsig feuchten Sandboden angewiesen, ist mehr im Gebirge und auf den Hochalpen (bis 6000 Fuſs) heimisch; Lappland, Finnland und Schweden sind ihr eigentliches Vaterland (Fig. 200).

Unter den Pappelarten ist die Schwarzpappel (Populus nigra) durch ganz Europa verbreitet, Sie wächst sehr schnell und liefert unter den Laubhölzern wohl den höchsten Holzertrag (Fig. 201). 1840 wurde nach Voigt bei Jena ein Baum gefällt, welcher 140 Jahr alt und 120 Leipziger Fuſs hoch, dazu an der Basis des Stammes 32 Fuſs Umfang hatte, der Hauptstamm war 22 Fuſs hoch und theilte sich dann in fünf Hauptäste. Die Zitterpappel (Populus tremula) bewohnt die Wälder des mittleren und westlichen Europa (Fig. 202), und die Weiſspappel (Populus alba) ist mehr in Süddeutschland zu Haüse, die Pyramidenpappel (Populus pyramidalis) endlich stammt aus Italien.

Fig. 199. Zweig der Zwergbirke (Betula nana).
Fig. 200. Laubgruppe der unteren Aeste der Erle (Alnus glutinosa).

Unter den zahlreichen Weidenarten ist Salix alba (Silberweide) als starker und, wenn nicht geköpft, hoher und malerischer Baum durch ganz Deutschland an Flufsufern verbreitet (Fig. 203), Salix fragilis und S. caprea (die Bruch- und Sahlweide) bilden minder grofse Stämme; Salix viminalis (die Band- oder Korbweide) ist die verbreitetste Buschweide Deutschlands und Salix aurita und S. repens erscheinen als niedrige Sträucher auf Moorgrund und Torfboden. Alle Weiden verlangen viel Feuchtigkeit (Fig. 204).

Fig. 201.



Die Platane (Platanus occidentalis) stammt aus Nordamerika, sie ist bei uns kein eigentlicher Waldbaum, gedeiht aber sehr gut; sie bildet, auf Madeira eingeführt, dort den am meisten verbreiteten Promenadenbaum; Platanus orientalis, in Asien zu Hause, war schon den alten Griechen bekannt.

Fig. 202.

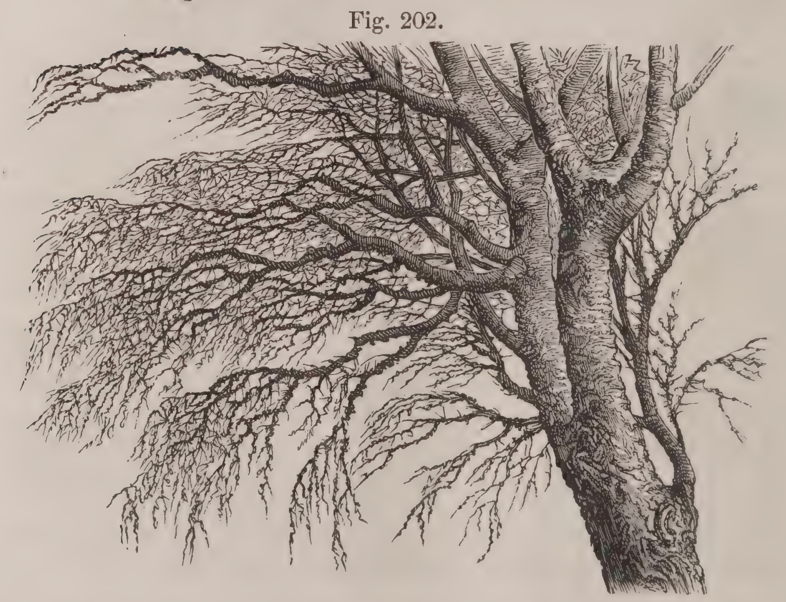


Fig. 201. Blattstand der Schwarzpappel (Populus nigra).
Fig. 202. Astbau der Zitterpappel (Populus tremula).

Die Esche (Fraxinus excelsior) liebt feuchten, steinigen oder sandigen Thon- oder Humusboden und erscheint deshalb am liebsten an Flufsufern und in schattigen Gebirgsschluchten; sie ist ein ächt deutscher

Fig. 203. Fig. 204.



Fig. 205.

Baum, der über die Alpen bis zur italienischen Ebene und östlich bis Nordasien geht, in Norwegen den 62° erreicht und in Südtyrol bis zu 3500 Fufs über das Meer emporsteigt. Bei Southampton wächst sie, von Epheu umrankt, auf dem alten Gemäuer der Klosterruine Nedly Abbay (Fig. 205). — Die Mannaesche (Fraxinus Ornus) gehört dem Süden, sie bildet in und um Cadiz den Hauptpromenadenbaum.

Fig. 203. Blattstand der unteren Aeste der weifsen Weide (Salix alba).
Fig. 204. Laubgruppe der Dotterweide (Salix vitellina).
Fig. 205. Blattstand der Esche (Fraxinus excelsior).

Die Ulmen (Ulmus campestris und effusa) gedeihen im Alluvialboden des deutschen Tieflandes, sind aber auch in Frankreich, desgleichen in Ungarn und in der norditalienischen Ebene zu Hause. Ulmus campestris steigt in den Alpen bis zu 3800 Fuſs (Fig. 206 u. Fig. 207).

Fig. 206.

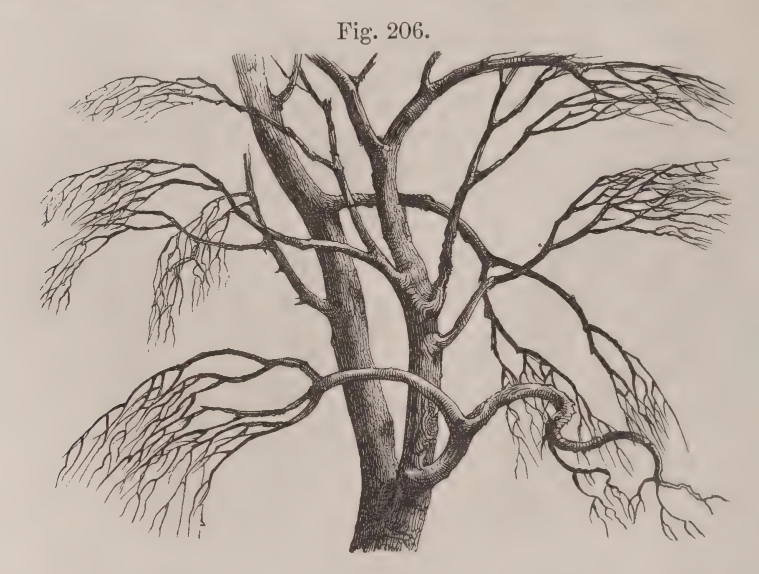


Fig. 207.



Die Ahornarten sind durch ganz Europa vorzugsweise auf kalk- und thonhaltigem Boden zu Hause. Acer campestre steigt in der Alpenkette bis 2800 Fuſs, Acer platanoides liebt die mittelhohen Gebirge bis 3500 Fuſs und Acer Pseudoplatanus, welcher in den Kalkalpen mächtige Wälder bildet, geht bis 5000 Fuſs Seehöhe (Fig. 208, Fig. 209 und Fig. 210).

Die Sommerlinde (Tilia grandifolia) ist eigentlich in den Gebirgswäldern des südlichen Europa heimisch, findet sich aber auch im mittleren Deutschland überall angepflanzt; sie verlangt einen nahrhaften, kalkhaltigen und feuchten Untergrund und

Fig. 206. Astbau der Rüster.
Fig. 207. Blattstand der Rüster (Ulmus campestris).

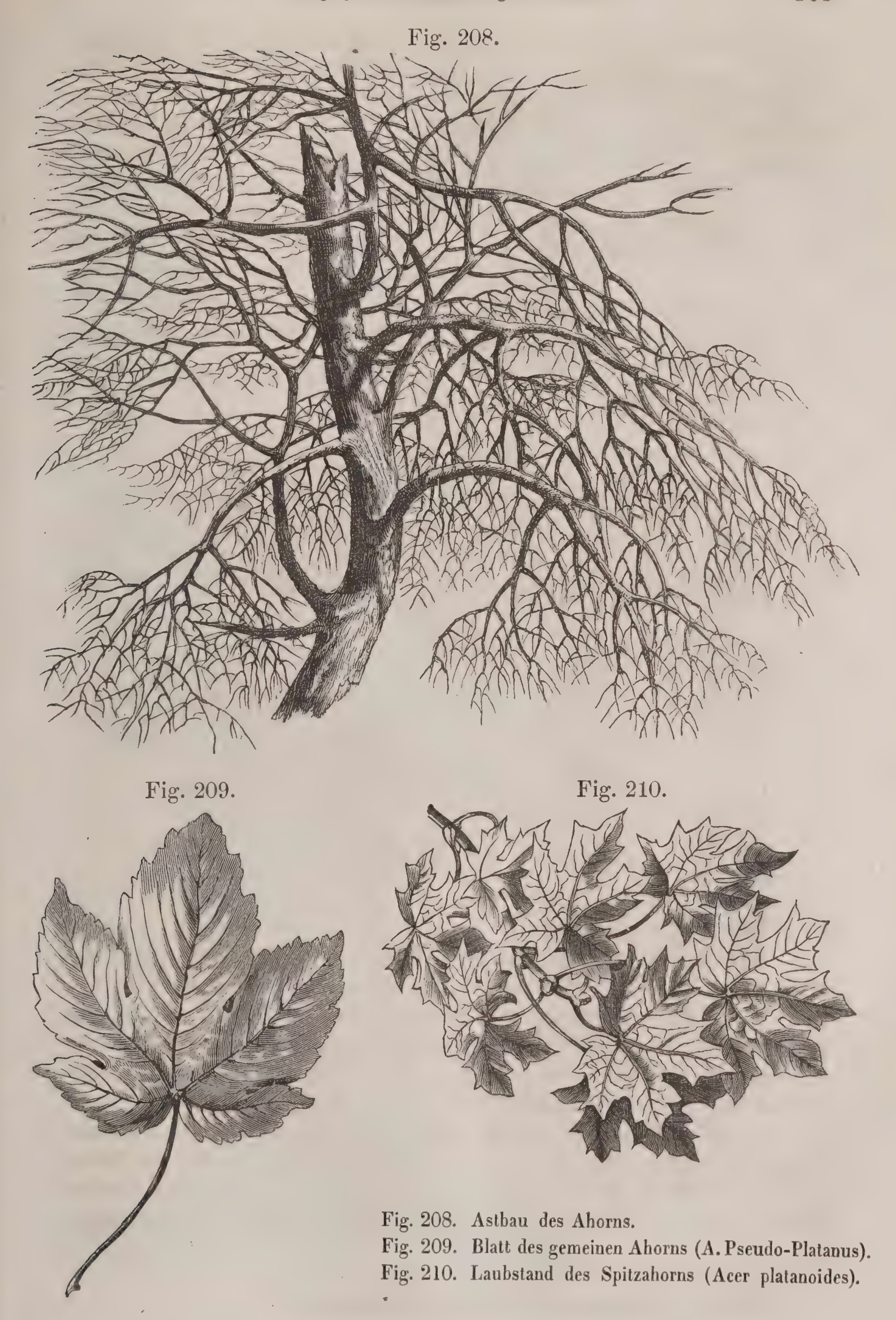


Fig. 208. Astbau des Ahorns.
Fig. 209. Blatt des gemeinen Ahorns (A. Pseudo-Platanus).
Fig. 210. Laubstand des Spitzahorns (Acer platanoides).

Fig. 211.



steigt in den Alpen (Berchtesgaden) bis zu 3000 Fuſs über das Meer (Fig. 211).

Die Winterlinde (Tilia parvifolia), fast durch ganz Deutschland verbreitet, ist ebenfalls ein Gebirgsbaum, der auf Kalk- und Basaltbergen am schönsten gedeiht und bis 3800 Fuſs über dem Meere vorkommt (Fig. 212).

Fig. 212.



Die Roſskastanie (Aesculus Hippocastanum) wurde gegen das Ende des sechszehnten Jahrhunderts aus Asien eingeführt (Fig. 213).

Die Acacie (Robinia pseudoacacia) aber ist in Nordamerika heimisch, jedoch schon seit etwa 200 Jahren bei uns eingeführt; sie gedeiht am besten in der Nähe von Gebäuden und auf altem Bauschutt (Fig. 214), scheint also Kalk zu verlangen (Fig. 215).

Einige Bäume sind für den Frost sehr empfindlich (der Maulbeerbaum, die Wallnuſs und die Ulme), andere dagegen vertragen viel Kälte; unseren Nadelhölzern, desgleichen der Birke, schadet selbst der stärkste Winter nicht. Bei sehr groſser Kälte erfrieren nach Pfeil in Deutsch-

Fig. 211. Blätterstand der Sommerlinde (Tilia grandifolia).
Fig. 212. Laubgruppe der Winterlinde (Tilia parvifolia).

land Eiche und Buche, während selbige in Schweden die kältesten Winter vertragen. Im December und Januar schadet nach ihm die Kälte unseren Bäumen nicht, wogegen sie im März denselben Nachtheil bringt. Pfeil sucht diesen Widerspruch, und wie mir scheint mit Recht, in der chemischen Beschaffenheit der Säfte des Baumes; die dem Frostwetter vorangehende kältere oder wärmere Witterung wird deshalb sicherlich von gröſstem Einfluſs sein. Die Frostspalten, welche bei starker Kälte im Stamme vieler Bäume entstehen und oft bis zum Marke vordringen, schlieſsen sich beim eintretenden Thauwetter wieder und vernarben.

Wie zu groſse Kälte, so ist auch zu groſse Wärme manchen Bäumen nachtheilig, insbesondere schadet eine directe Einwirkung des Sonnenlichtes; die Buche kann das letztere nicht vertragen, ihre Rinde reiſst und blättert ab, wenn Sonnenstrahlen lange direct auf dieselbe einwirken; junge Buchen lassen sich nur im Schatten erziehen, und ein geschlossener Buchenbestand darf nur allmälig lichter gestellt werden. Auch die Tanne und Fichte verlangen für die ersten Lebensjahre Schatten, später dagegen viel Licht, sie streben dann mächtig in die Höhe. Die junge Eiche gedeiht im Schatten weniger gut; der Ahorn, die Esche, die Pappel und die Kiefer können Licht vertragen; letztere verkrüppelt sogar im Schatten, wo die Buche vortrefflich gedeiht. Die Tanne kann nach Pfeil funfzig bis sechszig Jahre im

Fig. 213.



Fig. 213. Stamm der Roſskastanie (Aesculus Hippocastanum).

Schatten krüppelig leben und darauf, lichter gestellt, zum schönen Baume heranwachsen; die Birke stirbt dagegen bei mäfsiger Beschattung schon

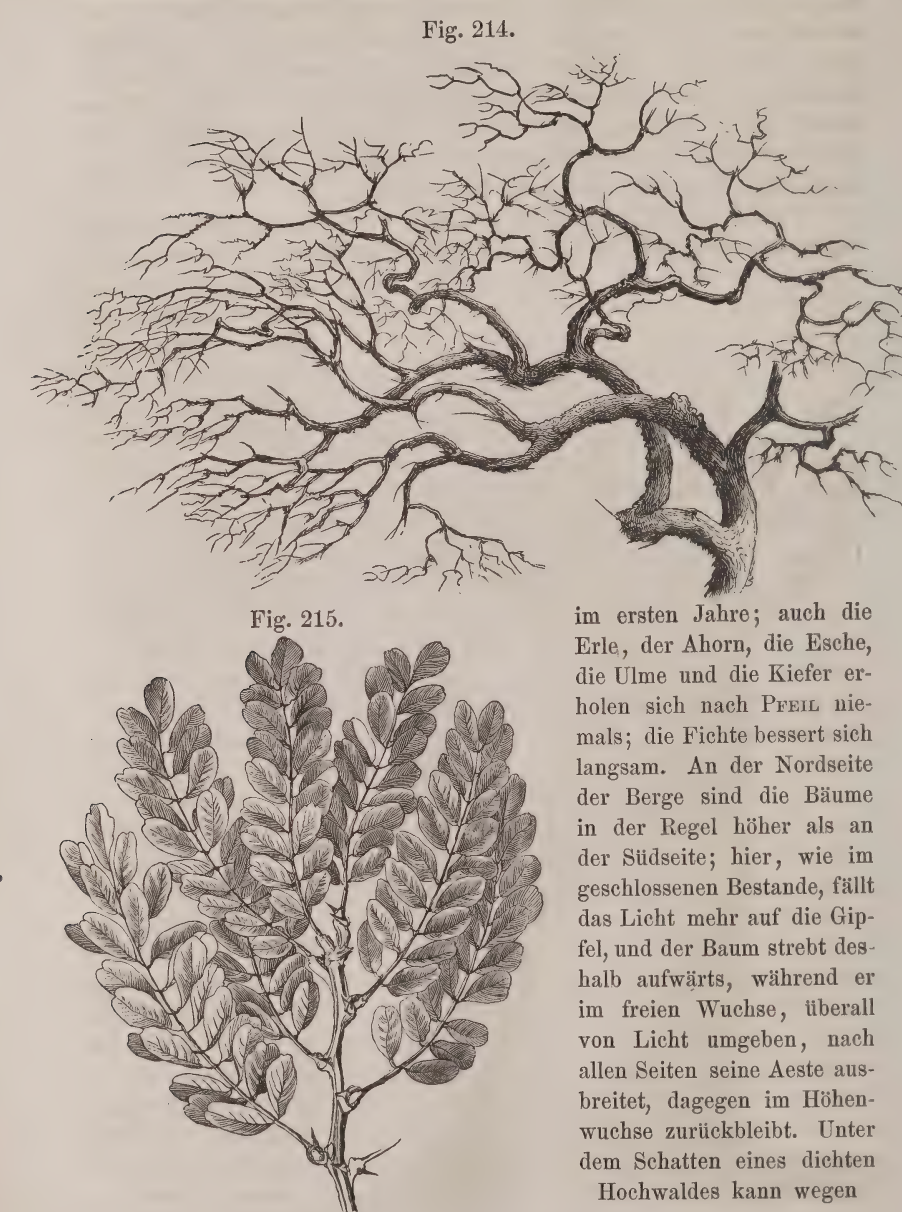


Fig. 214.

Fig. 215.

im ersten Jahre; auch die Erle, der Ahorn, die Esche, die Ulme und die Kiefer erholen sich nach Pfeil niemals; die Fichte bessert sich langsam. An der Nordseite der Berge sind die Bäume in der Regel höher als an der Südseite; hier, wie im geschlossenen Bestande, fällt das Licht mehr auf die Gipfel, und der Baum strebt deshalb aufwärts, während er im freien Wuchse, überall von Licht umgeben, nach allen Seiten seine Aeste ausbreitet, dagegen im Höhenwuchse zurückbleibt. Unter dem Schatten eines dichten Hochwaldes kann wegen

Fig. 214. Astbau der Acacie (Robinia Pseudoacacia).
Fig. 215. Blattstand der Acacie (Robinia Pseudoacacia).

Lichtmangels kein Unterholz gedeihen, und selbst in den südlichen Breiten, wo die Sonnenstrahlen viel intensiver wirken, fehlt das dort so mächtige Unterholz unter dem Schatten dicht belaubter Bäume. Im Walde von Agua Garcia auf Tenerife, in dessen oberem Theile das dichte Unterholz der baumartigen Haide, der Myrica Faja und verschiedener Ilexarten eine Höhe von 30 bis 40 Fufs erreicht, nimmt mit dem Auftreten grofser Lorbeerbäume dasselbe ganz allmälig ab, bis endlich im unteren Theile der Waldschlucht, unter dem dunklen Laubdache der alten Vinhaticos (Persea indica), das Unterholz vollständig verschwindet, und Farnkräuter und Moose allein den feuchten Grund und die abgestorbenen Stämme bedecken. In dem Urwalde, den die Portugiesen Montado dos Pecegueiros nennen, an der Nordseite Madeira's, ist das Unterholz vorherrschend und nur vereinzelt ragen hohe Bäume über dasselbe hervor; wo aber mehrere derselben bei einander stehen und den Grund beschatten, fehlt auch hier das Unterholz vollständig.

Einige Bäume lieben die Feuchtigkeit, andere dagegen einen mehr trockenen Stand; die Schwarzerle findet sich nur an Flufsufern und feuchten Niederungen, aber niemals auf trockenen Plätzen. An Flufsufern bildet sie in der Regel nach der Wasserseite ungleich mehr Aeste und Zweige, und selbige neigen sich zur Wasserfläche, als ob sie von ihr herangezogen würden. Auch die meisten Weidenarten sind auf feuchte Niederungen beschränkt. Beide scheinen nur in einer feuchten Atmosphäre zu gedeihen. Die Oberhaut ihrer Blätter ist zart und die Verdunstung deshalb stärker als bei anderen Bäumen. Die Blätter eines jungen abgeschnittenen Erlenzweiges vertrocknen in derselben Atmosphäre ungleich schneller als die Blätter eines jungen Birkenzweiges. Die Birke liebt überhaupt einen mehr trockenen Boden, in der feuchten Niederung bleibt sie krüppelig; die Kiefer endlich nimmt mit Allem vorlieb, was ihr geboten wird, allein sie gedeiht keinesweges überall in gleichem Grade.

Um Blüthen zu entwickeln und später keimfähigen Samen zu bilden, mufs der Baum eine bestimmte Kräftigkeit erlangt haben. Die Kiefer und die Lerche blühen häufig schon im sechszehnten Lebensjahre, die Fichte selten vor dem vierzigsten Jahre, und die Tanne und Buche kaum vor dem funfzigsten Lebensjahre. Die Mehrzahl der Waldbäume trägt auch nicht alle Jahr; die Buche, die Eiche und die Fichte tragen in der Regel nur alle drei bis sieben Jahr. Nach dem Standorte der Bäume und nach der Bodenart ist dieser Zwischenraum ein kürzerer oder längerer; frei stehende Bäume blühen in der Regel häufiger und reichlicher als Bäume im geschlossenen Bestande; auf günstigem Boden blüht die Buche öfter als auf schlechtem Grunde. Das Jahr 1858 war bekanntlich ein reiches Blüthenjahr für sämmtliche Waldbäume und selbst tropische Pflanzen, die sonst bei uns nur selten blühen, z. B. der neuseeländische Flachs (Phormium tenax), kamen zu Berlin in genanntem Jahre zur Blüthe, was sicherlich zunächst das ihm vorangehende Jahr (1857) mit seinem beständigen und

warmen Sommer, der die Bildung einer reichlichen Menge von Reservestoffen und dadurch die Anlage der Blüthenknospen befördern mufste, veranlafst hatte. Die Fichte und die Buche brachten dagegen im Sommer. 1852 in fast allen Theilen Deutschlands keinen Samen (einzeln stehende Buchen bei Schwarzburg, sowie um Wiesbaden, hatten taube Nüsse), weil das vorhergehende Jahr für beide Bäume ein sehr gutes Samenjahr gewesen war und die Erschöpfung durch dasselbe seine Nachwirkung nicht verfehlen durfte, weshalb wir auch für das letztverflossene Jahr (1859) für die genannten Bäume, die, wenn sie überhaupt blühen, mit Blüthen überdeckt zu sein pflegen, kein eigentliches Samenjahr erwarten durften. Mehrere Obstbäume zeigen dasselbe; auf ein sehr reichliches Fruchtjahr folgt fast immer eine schlechte Erndte. Die Tanne, deren aufrechte Zapfen nur auf die höchsten Gipfelzweige beschränkt sind, blüht dagegen alle Jahr, und auch die Kiefer trägt in der Regel alljährlich Zapfen. — Nach der Beobachtung einiger Förster soll der im Samenjahre gebildete Holzring der Buche und der Fichte schwächer als die in unfruchtbaren Jahren entstandenen Holzlagen sein. Auf schwerem Boden vereinzelt stehende Buchen bringen hie und da (eine alte Buche zwischen Fichten im Katzhütter Forste, alte Buchen am Kesselberge bei Blankenburg im Thüringer Walde) alljährlich Früchte, ebenso bei Neustadt, die jedoch der Mehrzahl nach oder, wie im Herbste 1852, alle taub sind, weil der Baum in diesem Falle nicht so viel Nahrung besitzt, um seine Samen auszubilden. Die Tanne, die nur verhältnifsmäfsig wenig Zapfen bringt, kann dagegen durch selbige nicht so erschöpft werden, als die Fichte, welche in einem guten Samenjahre von unten bis oben mit Zapfen behängt ist. Aber dennoch nimmt das Höhenwachsthum der Tanne mit der Blüthenperiode ab; die Blüthen erscheinen nur im Gipfel und die Krone vertauscht die pyramidale Gestalt mit einer kuppelförmigen (S. 282).

Jeder Zweig, der aus seiner Endknospe blüht, verliert damit die Fähigkeit, als solcher weiter zu wachsen, weil sein Vegetationskegel zur Bildung der Blüthe verwendet wird, wie dies der Drachenbaum am besten zeigt, dessen Stamm sich erst verzweigt, wenn seine Endknospe zum Blüthenstand geworden und dessen Zweige ebenfalls unverzweigt bleiben, bis sie selbst aus der Endknospe geblüht haben. Die Mistel (Viscum album) verdankt ihre eigenthümliche Art der Verzweigung ebenfalls dem Verluste der Endknospe jedes Zweiges, der ausnahmslos zur Blüthe wird (Fig. 63. S. 73). Jeder Zweig verhält sich überhaupt im Allgemeinen dem Hauptstamme analog; er kann deshalb, von letzterem getrennt, bei vielen Gewächsen, unter günstigen Umständen selbst zum Hauptstamme einer neuen Pflanze werden, worauf die ungeschlechtliche Vermehrung durch Brutknospen, Stecklinge und Ableger beruht.

Einige Bäume lassen sich durch Stecklinge erziehen (die Weide, die Pappel, die Espe), andere müssen aus Samen gezogen werden (die Nadelhölzer, die Eiche und die Buche); erstere bilden am Stamme leicht Wur-

zelknospen, welches Vermögen den anderen abgeht. Manche Bäume treiben leicht Wurzelausschlag (die Espe und die Ulme), der den Nadelhölzern mangelt. Die Wurzel der meisten Laubbäume bildet überhaupt leicht Stammknospen, während bei den Nadelhölzern die Erzeugung der Nebenknospen sogar am Stamme sehr beschränkt ist. Wurzelausschlag bildet sich selten tief in der Erde, dagegen häufig an Wurzeln, welche wagerecht dicht unter der Erdoberfläche verlaufen.

Das Abwerfen der Blätter erfolgt bei den Bäumen zu verschiedener Zeit und in verschiedener Weise (S. 153). Die Kiefer behält ihre Nadeln zwei bis drei Jahre, die Tanne und Fichte acht bis zwölf Jahre. Einige Bäume (der Baobab) werfen alljährlich bestimmte Zweige ab, die bei der Eiche als Absprünge bekannt sind, und für welche Th. Hartig*) ein Gelenk nachgewiesen hat; für Taxodium scheint dasselbe zu gelten (S. 133). Das Abwerfen der Zweige bei den Nadel- und Laubbäumen im Allgemeinen hat dagegen einen ganz anderen Grund; die unteren Zweige und Aeste sterben ab, weil sie von der Krone beschattet werden, was namentlich für die Bäume geschlossener Bestände Geltung hat (der Baum macht sich astrein).

Jeder Baum hat seine Lebensperioden; als deren erste ich den Zeitraum vom Keimen bis zur ersten Blüthenentwickelung betrachte. Die zweite Lebensperiode bildet den Zeitraum vom ersten Blüthenjahre bis zur Zeit der Wachsthumsabnahme des Stammes im Allgemeinen; die dritte und letzte Periode aber endigt mit dem Absterben des Baumes. Scharfe Grenzen lassen sich hier so wenig wie in den ganz ähnlichen Lebensperioden des Menschen und der höheren Thiere ziehen. Die Natur liebt einmal solche Grenzen nicht. Die erste Lebensperiode umfaſst, wie wir bereits gesehen, bei den verschiedenen Waldbäumen sehr verschiedene Zeiträume, und gilt dasselbe auch für die beiden anderen. Bäume, welche in ihrer Jugend sehr rasch wachsen, durchlaufen die erste Periode sehr schnell; die Kiefer, die Lerche und die Birke. Die Tanne, die Fichte, die Buche und die Eiche wachsen dagegen in den ersten Lebensjahren langsam, machen dafür aber bis zur Blüthezeit sehr starke Höhentriebe. — Das Abnehmen des Wachsthumes im Allgemeinen, der Eintritt in die dritte Lebensperiode, erfolgt bei den schnell wachsenden Bäumen in der Regel früher als bei den langsam wachsenden Stämmen. Die Nadelhölzer erreichen ihre Wachsthumshöhe meistens schon mit 90 bis 100 Jahren, die Buche dagegen entwickelt in der Regel erst vom 130—150sten Jahre ab schwächere Jahresringe, das Dickenwachsthum der Eiche vermindert sich erst mit 150—200 Jahren, und das Dickenwachsthum der ächten Kastanie nimmt im Süden erst viel später ab. Die Dauer der letzten Lebensperiode ist noch schwankender und noch mehr von örtlichen oder zufälligen Verhältnissen abhängig als der Zeitraum der beiden an-

*) Th. Hartig, Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen, S. 119.

deren Perioden. Die leichten, schnell wachsenden, Holzarten sterben in der Regel früher als die harten; die Weide und die Pappel werden selten alt, dagegen erreicht die Linde ein sehr hohes Alter.

Der Stamm der ältesten deutschen Linde, bei Neustadt am Kocher, soll 32 Fuſs im Umfange haben, sie ist schon im Jahre 1408 besungen worden[1]. Die alten Kiefern auf dem Haine bei Rudolstadt haben nach meiner eigenen Zählung 280—300 Jahresringe; die Holzlagen der letzten hundert Jahre sind so schmal, daſs man sie nur mit der Lupe zu zählen vermag. Die Tannen auf dem Wurzelberge bei Katzhütte im Thüringer Walde sind über 300—400, ja nach einer neuen Zählung der Jahresringe der gröſsten Stämme bis 600 Jahre alt; sie sind einzeln gipfeldürre. Auf Tenerife sieht man mehrfach alte Kiefern (Pinus canariensis) als Erinnerungen aus der Zeit der Conquista, meistens mit einem Muttergottesbilde geschmückt. Riesenhafte Kastanien, von 32 und 36 Fuſs im Stammumfange, auf Madeira und Tenerife, sind wahrscheinlich von den Conquistadores zu Anfange des funfzehnten Jahrhunderts gepflanzt, da nirgends der Kastanie als einheimischen Baumes, wohl aber seiner Anpflanzung durch die Eroberer, gedacht ist. Noch gröſsere Lorbeerbäume (Oreodaphne foetens) von 38—42 Fuſs im Stammumfange, bei 90—120 Fuſs Höhe (auf der Achada do Iudeo im Norden von Madeira), haben sicherlich, da der Lorbeerbaum nur langsam wächst, die Entdeckung der Insel (1419) gesehen. Die alten Stöcke einer anderen Lorbeerart (Persea indica), im Walde von Agua Garcia auf Tenerife, messen gleichfalls über 40 Fuſs und dienen mächtigen Stämmen als Sockel[2]. Die alte Eiche zu Pleischwitz bei Breslau hatte nach Göppert[3] $42\frac{1}{6}$ preuſsische Fuſs im Umfange, ihre Höhe betrug dagegen nur 78 Fuſs, sie wurde von Göppert auf 700 Jahre geschätzt. Auch der alte Rosenstock an der Crypta des Domes zu Hildesheim, der Sage nach von Ludwig dem Frommen gepflanzt, ist sicherlich sehr alt. Aus seinem kaum über die Erde hervorragenden Stocke, der 10 Zoll Durchmesser hat, entsprossen mehrere bis 2 Zoll starke Triebe, welche einer Rebe gleich die Wand der Capelle bedecken. Der alte Drachenbaum zu Orotava (Fig. 216), dessen Stamm nach le Dru am Boden 74 Fuſs Umfang besitzt, nach einer spanischen Angabe aber $17\frac{1}{2}$ Varas (38 Fuſs $1\frac{1}{2}$ Zoll engl. Maſs) im Durchmesser hält und dessen Höhe 22 Varas oder $60\frac{1}{2}$ Fuſs beträgt, hat sicher ein Alter, das weit über jede geschichtliche Zeit hinausgeht; er soll zur Zeit der Eroberung durch die Spanier schon eben so stark und hohl als jetzt gewesen sein. Auch der noch wunderschön erhaltene Drachenbaum zu Icod de los vinos, etwa 36 Fuſs im Umfange, ist jedenfalls sehr alt. Die alle bisherigen Vorstel-

---

[1]) Masius, Naturstudien, erste Ausgabe. S. 120. — Link, die groſse Linde bei Neustadt. Flora 1850.

[2]) Mein Bericht über Madeira und Tenerife. Taf. VI.

[3]) Göppert, die groſse Eiche bei Pleischwitz. Bot. Zeitg. 1857. S. 886.

lungen über die Gröſse der Bäume hinter sich lassende Wellingtonea gigantea aus der Grafschaft Calaveras in Californien, deren angeblich gröſstes Exemplar als 116 Fuſs hohe, wieder aufgebaute Rindensäule den Krystallpalast zu Sydenham ziert, hat am Boden 31 Fuſs und in einer Höhe von 100 Fuſs noch 15 Fuſs Durchmesser. Bis zu einer Höhe von

Fig. 216.



140 Fuſs vollkommen astrein, stieg die ausgebreitete Krone bis zu einer Höhe von 363 Fuſs empor. Dieser Baum wird nach seinen, nur verhältniſsmäſsig schmalen Jahresringen auf 3000—4000 Jahre geschätzt. Einen noch gröſseren Stammumfang, 124 spanische Fuſs, besitzt nach Mühlenpfordt das uralte Taxodium (T. distichum) zu Sta. Maria del Tule in Mexico, dessen Höhe jedoch nicht bedeutend ist. Die Cedern des Libanon,

Fig. 216. Der alte Drachenbaum im Garten des Marques de Sauzal in der Villa de la Orotava auf Tenerife. Links ein junger Baum, rechts ein Baum der 3mal blühte.

desgleichen der Oelbaum und die Sicomore (Ficus Sicomora), sollen gleichfalls ein hohes Alter erreichen. Der Taxusbaum von Braburn in der Grafschaft Kent soll 3000 Jahre alt sein, und der Baobab endlich nach Adanson sogar 5000—6000 Jahre zählen. Allein dieser Baum wächst schnell, sein leichtes Holz legt jährlich sehr bedeutend auf, so daſs ich die Altersschätzung der afrikanischen Riesenbäume etwas zu hoch vermuthe. (Ein vierzigjähriger Baobab in Sta. Cruz hatte bereits 10 Fuſs im Umfange.)

Die Mehrzahl der hier aufgeführten Bäume lebt noch jetzt, von den dahingeschiedenen aber ist kaum einer eines natürlichen Todes gestorben. Die alte Eiche von Pleischwitz war hohl und stürzte zusammen; der alte Drachenbaum zu Orotava, gleichfalls hohl, wird wohl demselben Schicksal kaum entgehen. Der Baum von Icod de los vinos dagegen ist ein kerngesundes Exemplar. Der Rosenstock zu Hildesheim, mehrmals durch Feuer fast vernichtet, hat immer neuen Stockausschlag gemacht und treibt noch jetzt aus kerngesunden Aesten. Die gröſste Kastanie Madeira's (zu Campanario) ist zwar hohl, hat aber eine prächtige Krone und trägt noch massenhaft alljährlich Früchte. Auch die Riesenbäume Californiens sind nach den englischen Berichten und Abbildungen noch im vollsten Wachsthume. Nur die Kiefern bei Rudolstadt und die Tannen des Wurzelberges sind sämmtlich schwach beästet und zum Theil schon gipfeldürre. — Diese Beispiele alter Bäume, die ich meistens selbst gesehen, genügen wohl, um zu beweisen, daſs 1. der Baum nicht die Nothwendigkeit seines Unterganges in sich selber trägt, und daſs 2. sogar in manchen Fällen selbst eine riesenhafte Verlängerung des Stammes (Wellingtonea) die Saftcirculation nicht zu behindern scheint, und daſs endlich 3. nur wenige Bäume eines natürlichen Todes sterben, die Mehrzahl aber der Ungunst der Verhältnisse zum Opfer wird.

Der Anlage nach müſste jeder Baum und jede perennirende Pflanze eine unbegrenzte Lebensdauer besitzen, auch der Mensch, wie jedes Säugethier, müſste unsterblich sein; die tägliche Erfahrung lehrt dagegen, daſs Bäume, Thiere und Menschen sterben müssen. — Die Betrachtung des Lebens der Bäume zeigt uns das allmälige Abnehmen der Kräfte mit einem gewissen Altersgrade; die Functionen des alten Säugethieres, des alten Menschen werden gleichfalls langsamer, die Kräfte schwinden, und am Ende naht der Tod. Die Abnahme der Kräfte mit dem Alter ist beim Thiere, wie bei der Pflanze, jedenfalls eine Folge wiederkehrender, durch äuſsere, oft unvermeidliche, Einflüsse bedingter Störungen, wodurch der Lebensproceſs allmälig verlangsamt wird, weshalb das Thier und die Pflanze die oft wiederkehrenden Störungen immer schwieriger überwindet und zuletzt der schädlichen Einwirkung unterliegt. Der natürliche Tod ist also die nothwendige Folge einer Summe bestimmter, von auſsen her wirkender, schädlicher Einflüsse, durch welche allgemach der Lebensproceſs verlangsamt und zuletzt aufgehoben wird. — Alte Bäume werden in der Regel „gipfeldürre", sie sterben von oben her allmälig ab, weil die von der

Wurzel aufgenommene Nahrung im Alter nicht mehr bis in die Gipfelzweige des Baumes gelangt.

Ebenso sind auch die Krankheiten Störungen im Lebensprocesse, welche im Thier- und Pflanzenreiche durch äufsere Einflüsse veranlafst werden. Aber nur wenige Krankheiten des Thieres und der Pflanze sind so genau erforscht, so sicher auf ihre Ursachen zurückgeführt, dafs wir die Mittel kennen, ihnen vorzubeugen, oder, wenn sie ausgebrochen, ihren Einflufs zu beschränken; in noch anderen Fällen fehlt uns überhaupt die Macht, ihnen Einhalt zu thun.

Wie jede Baumesart ihr eigenes Leben führt, so hat auch jede ihre eigenen Krankheiten, d. h. dieselben allgemein schädlichen Einflüsse wirken auf den einen Baum anders als auf den anderen, desgleichen werden bestimmte, nicht allgemein schädliche Einflüsse einer bestimmten Baumesart oder einem bestimmten Entwickelungszustande derselben nachtheilig. Oft ist ein Ueberflufs von Nahrung, noch öfter Nahrungsmangel Ursache einer Krankheit; der Baum schiefst in dem ersten Falle zu geil empor und wächst im anderen kümmerlich. Die junge Lerche wird in warmen Lagen überreizt, wächst anfangs schnell und wird dann später krüppelig. Atmosphärische Einflüsse und ein ungünstiger Standort veranlassen sicherlich eine Menge Krankheiten unserer Culturpflanzen, und das Zusammentreffen einer bestimmten Entwickelungsperiode mit solchen Verhältnissen ändert verschiedentlich deren Einwirkung. — Junge Kiefern sind auf ungeschützten Pflanzbeeten häufig einer Blätterkrankheit, dem sogenannten Schütten, unterworfen, wobei die Nadeln der jungen Bäume gelb werden und abfallen; doch erholt sich in der Regel die Pflanzung. Nach Stein*) ist das Schütten der Kiefer eine Folge eingetretener nächtlicher Temperaturerniedrigungen im Frühlinge. Ein nicht bedeckter Boden erkaltet durch Ausstrahlung mehr als ein mit Gras oder Unkraut bewachsener Grund; unter dem Schutze älterer Bäume ist die nächtliche Ausstrahlung geringer als auf freien Lagen; der Kiefernanflug bleibt deshalb von dem Schütten verschont.

Einmal gewohnt, den Pilzen alles Unheil zuzuschreiben, sind dieselben vielfach auch da als Ursache einer Krankheit angeklagt, wo sie nur deren Folge waren, dagegen sind sämmtliche Brand- und Rostpilze, desgleichen der Traubenpilz wirklich die Urheber bestimmter Krankheitserscheinungen. So kann der Pilz des kranken Kartoffelkrautes (Peronospora infestans), meiner Ansicht nach, die Erkrankung nicht veranlassen**), weil er selbst weder auf dem gesunden Blatte keimt, noch vom gesunden Gewebe der Pflanze sich ernährt, vielmehr, wie die Schimmelpilze überhaupt, erst in den verdorbenen Säften seine Nahrung findet und deshalb am Rande der fauligen Flecken am stärksten wuchert und mit dem Trockenwerden der-

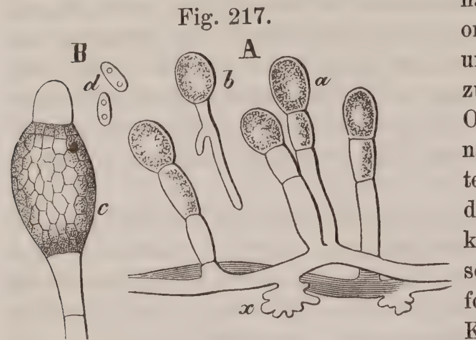
---

*) Tharander Jahrbuch VIII. N. F. I. S. 208.

**) Schacht, die Kartoffel und deren Krankheiten. Berlin 1856.

selben abstirbt. Der Traubenpilz*) dagegen (Oidium Tuckeri) keimt und lebt auf der gesunden Oberhaut der jungen Beere und des Blattes und hängt sich mit besonderen Heftorganen an dieselben (Fig. 217), um von ihren gesunden Säften zu zehren; er stirbt erst wenn die Oberhaut vertrocknet, worauf nach dem Klima und der Witterung der Tod der Beere und der Blätter in längerer oder kürzerer Zeit und unter verschiedenen Erscheinungen erfolgt. — Die Krautkrankheit der Kartoffel ist Folge einer Erkältung durch plötzliches Schwanken der Temperatur, überhaupt durch atmosphärische Einflüsse veranlafst und der Pilz ist ihr Begleiter. Die Traubenkrankheit dagegen ist Folge des Pilzes, der die Oberhaut zerstört; sie ist nur local, der Weinstock bleibt gesund und ist auch auf Madeira nicht durch die Krankheit ausgegangen, sondern durch die übermäfsige Bewässerung der Zuckerfelder, welche seit 1854 die Reben verdrängt haben, ersäuft, oder sogar ausgerodet worden, so dafs jetzt die Weincultur von der Insel verschwunden ist. — In der Schwefelblüthe glaubte man später ein sicheres Mittel gegen den Traubenpilz gefunden zu haben und wirkt dieselbe durch die ihr anhängende Schwefelsäure, gepulverter Schwefel bleibt ohne Wirkung (Besprengungen mit sehr verdünnter Schwefelsäure würden wahrscheinlich eben so wirksam und weniger kostspielig sein).

Fig. 217.



Auf den jugendlichen Nadeln junger Tannen, seltener auf den jungen Nadeln älterer Bäume, findet sich bisweilen ein zierlicher Pilz (Aecidium columnare), der aus der Unterseite der Nadel in den beiden parallelen Längsstreifen hervorbricht und aus einem thurmförmigen silberweifsen Häutchen besteht, das sich an der Spitze öffnet und in seinem Grunde eine gelb gefärbte Masse (die Sporen) des Pilzes enthält. Ein Geflecht sehr zarter Fäden durchzieht den unteren Theil des Blattgewebes der kranken Tannennadel und durch dasselbe vermehrt sich der Pilz, indem er neue Sporenlager bildet. Das beschriebene Aecidium war auf einem ziemlich frei gelegenen Pflanzenbeete junger Tannen bei Paulinzell im Sommer 1852 sehr

Fig. 218. Der Traubenpilz. *A* Unter der Form des Oidium Tuckeri, wie ich denselben auf Madeira beobachtet habe; *a* die sich ablösenden Oidium-Sporen; *x* das Haftorgan des Pilzes; *b* eine keimende Oidium-Spore. *B, c* Die Cicinobolus-Frucht des Traubenpilzes, nach v. Mohl's Abbildung copirt; *d* die Sporen derselben (*A* ist 400 mal, *B* 450 mal vergröfsert).

*) v. Mohl in der botanischen Zeitung 1852. S 9. 1853 S. 585 und 1854 S. 369. Desgleichen Schacht, Madeira und Tenerife 1858. S. 52—58.

verbreitet und schien den jungen Bäumen gefahrbringend zu werden. Die durch Anflug im Walde selbst entstandenen Tannen des Schwarzathales waren sämmtlich frei von diesem Gaste, obschon die jungen Nadeln älterer Bäume vereinzelt ihn ernährten. Die Nadeln junger Kiefern, von der Schütte befallen, zeigten gleichfalls hie und da denselben Pilz. Auf der Fichte fand ich dagegen nicht selten einen anderen Pilz, der keine thurmförmige Erhebungen aussendet.

Noch ein anderer Schmarotzer, das Peridermium pini, welches in dem saftigen Rindengewebe junger Kiefernzweige nistet, bedrohte vor einigen Jahren die Kiefernbestände des Thüringer Waldes. Die Fructification dieses Pilzes bricht blasenartig aus der Rinde hervor und zeigt, wenn sie sich öffnet, einen mit einem mennigrothen Pulver, den Samen oder Sporen, bedeckten Grund. Das Pilzgewebe dieses schlimmen Gastes dringt bis zum Cambiumring des Zweiges und wuchern seine Fäden in der saftigen Rinde. Der Pilz schadet deshalb dem Baum sehr und kann, wie ich vermuthe, seinen Untergang herbeiführen, dazu vermehrt er sich sowohl durch sein Gewebe in der Rinde, als durch die Unzahl seiner Sporen, deren Keimfäden in die noch borkenlosen Rinde der jüngsten Zweige eindringen*).

Kränkliche Pflanzen scheinen leichter als vollkommen gesunde von Pilzen befallen zu werden; so findet sich an dumpfigen Orten oder in Gewächshäusern auf den Orangen, Lorbeerbäumen u. s. w. häufig ein schwarzer Anflug, der die Oberhaut der Blätter bedeckt und aus zahllosen gegliederten Pilzfäden besteht, welche aber nicht wie der Traubenpilze auf der Oberhaut festhaften. Andere Pilze, als weifser Anflug auf der Lupine und der Erbse u. s. w., werden Mehlthau genannt; sie schaden den Gewächsen viel weniger, als diejenigen Feinde, welche direct das gesunde Gewebe angreifen und deshalb als wahre Schmarotzer zu betrachten sind**).

Der Honigthau auf den Blättern der Pflanze ist eine Abscheidung zuckerartiger Stoffe, durch welche die Oberhaut der Blätter klebrig wird. Wenn kein starker Regen die Blätter abspült, so finden sich alsbald Schimmelpflanzen und Blattläuse ein, welche nicht den Honigthau veranlassen, sondern nur durch selbigen Nahrung finden. Die Schwarzerle, deren Blätter und junge Zweige schon normal eine klebrige, süfslichbitter schmeckende Flüssigkeit absondern, leidet in solchem Falle nur an einer vermehrten und vielleicht etwas veränderten Abscheidung löslicher Stoffe,

---

*) SCHACHT, im Protokoll der sechsten Versammlung der Forstwirthe aus Thüringen. Sondershausen 1856. S. 44—46. Es ist mir nicht bekannt, ob dieser Pilz sich nur vorübergehend gezeigt, oder ob er, wie ich befürchte, noch jetzt die Kieferwaldungen beschädigt.

**) DE BARY, Untersuchungen über die Brandpilze. Berlin 1853. — TULASNE, sur l'Ergot des Glumacées — sur les Uredinées etc. Annal. des sciences. 1853 et 54.

bei ihr zeigt sich der Honigthau am häufigsten, aber auch die Linde, der Ahorn und der Rosenstrauch haben von ihm zu leiden. Bei der Buche und der Eiche ist er eine seltene Erscheinung und für die Nadelhölzer gänzlich unbekannt. Kalte Nächte, welche warmen Tagen folgen, scheinen die erste Ursache desselben zu sein. Der Honigthau ist offenbar die Folge der veränderten chemischen Thätigkeit des Blattgewebes, indem Stoffe, welche normal für die Zwecke des Baumes zu verwerthen sind, hier in löslicher Gestalt, als Zucker u. s. w., ausgeschieden werden.

Die Galläpfel und andere krankhafte Auswüchse der Blätter und Zweige sind Wucherungen des Zellgewebes, durch Insecten, welche ihre Eier in das thätige Gewebe legen, veranlafst, die Gestalt der Galläpfel aber ist an demselben Baume nach der Art des Insectes, dessen Stich die Anschwellung veranlafste, verschieden. Die kugelförmigen Galläpfel der Eiche werden durch Gallwespen (Cynips) veranlafst; die kleinen kegelförmigen Galläpfel an der Oberseite des Buchenblattes dagegen durch eine Mückenart hervorgerufen (Taf. III. Fig. 24 x u. 40), und die traubenförmigen, einer gelben Himbeere gleichenden, Anschwellungen der Spitzen junger Fichtentriebe entstehen durch eine Blattlaus (Chermes abietis). — Genannte Insecten bringen dem Walde nur geringen Schaden.

Viel schlimmere Feinde der Waldungen sind die Raupen und die Borkenkäfer, welche oft ganze Bestände vernichten. Die Raupen einiger Schmetterlinge, z. B. des Fichtenspinners (Bombyx pini*), des Nonnenspinners (Bombyx Monacha), der Kieferneule (Noctua piniperda), desgleichen die berüchtigte Processionsraupe (Bombyx processionea) sind, wenn sie in Menge auftreten, dem Walde gefährlich. So hat die Eule im letzten Sommer (1859) einigen Kiefernwaldungen der Umgegend Berlins, z. B. zwischen Cöpenik und Erkner, vielen Schaden zugefügt. Bestände grofser Ausdehnung waren durch sie schon vor dem Herbste abgestorben, und selbst die Bäume, welche leichter beschädigt worden und im Herbste noch lebendig waren, werden sicherlich im Frühjahre sterben, weil mit dem Blattverluste der Bäume durch den Raupenfrafs auch die Bildung der Reservestoffe unterblieben ist, aus denen der Baum im Frühjahre seine erste Nahrung schöpft (S. 291). — Hier könnte die mikroskopische Untersuchung, wie ich vermuthe, grofsen Nutzen bringen, indem sie zeigen würde, wo schon im Herbste zu schlagen ist. Wenn nämlich der Baum von selbst abstirbt, so hat sein Holz nur wenig Werth, weil in den noch Saft führenden Zellen (den Markstrahlen) eine chemische Veränderung, eine Verwesung, eintritt, welche beim zeitigen Fällen und Schälen des Baumes durchs Austrocknen verhindert wird. Das durch Raupenfrafs abgestorbene Kiefernholz zeigt schwarze Flecke, durch dunkele moderartige Stoffe

---

*) Ratzeburg, die Waldverderber. Auflage. Berlin, 1860. — Derselbe, die Forstinsecten. — König, die Waldpflege, neu bearbeitet von Grebe. 1859.

in den Markstrahlen veranlafst. — Wenn sich der Baum vom Raupenfrafs erholt, soll er noch viele Jahre kränklich bleiben und spärlich Samen bringen*).

Fast jede Baumesart ernährt eine Menge bestimmter Thiere und Pflanzen. Die Kiefer allein birgt nach RATZEBURG mehr als vierhundert Insectenarten und manche derselben sind, wenn sie sich von den lebenden Zellen des Baumes nähren, dem Walde sehr schädlich; so die Borkenkäfer, welche im Verdickungsring und in der saftigen Rinde ihr Wesen treiben und dort, wie der Bostrychus typographus auf Fichten und der B. stenographus auf Kiefern, tiefe Gänge in das frische Zellengewebe fressen und dadurch häufig das Absterben der Bäume veranlassen. Die Borkenkäfer nisten am liebsten in gefällten oder in kranken Stämmen; man entfernt deshalb zweckmäfsig beide so bald als möglich aus dem Walde, oder entrindet frühzeitig die geschlagenen Stämme; desgleichen beseitigt man die Borkenkäfer durch sogenannte Fangbäume, welche, nachdem der Käfer seine Brut in ihre Rinde gelegt, geschält werden und deren Rinde man durch Feuer vertilgt.

Auch der sogenannte Waldgärtner (Hylesinus piniperda) wird für die Kiefer gefährlich. Derselhe erscheint in der Regel mehr am Saume des Waldes und seltener in der Mitte dichter Bestände. Bei Neustadt-Eberswalde sieht man von ihm in einer merkwürdigen Weise zugestutzte Kiefern. RATZEBURG, welcher sich um die Erforschung des Lebens der Waldinsecten so grofse Verdienste erworben, hat auch den Hylesinus eifrig beobachtet. Nach ihm liegt der Käfer (die Fliege) vom November bis März in der Rinde am Wurzelknoten (der Uebergangsstelle der Wurzel in den Stamm) alter Kiefern. Im April schwärmt derselbe, im Mai legt er seine Brut unter die Rinde, im Juli kommt der junge Käfer (die Fliege) aus und im August bohrt sich derselbe in die Zweigspitzen des Baumes, um sich von deren Mark zu nähren. Die Spitzen aber vertrocknen, die Zweige fallen ab und der Käfer gelangt mit ihnen zur Erde, um bald darauf sein Winterquartier zu beziehen.

Nicht minder interessant als das Leben dieser Feinde des Waldes ist die Geschichte anderer, demselben nützlicher Thiere, zu denen namentlich die Schlupfwespen (die Ichneumonarten), welche zum Theil als Schmarotzer auf Raupen u. s. w. leben, ferner die Ameisen-, Spinnen- und Wanzen-Arten, die gleichfalls andere Insecten vertilgen, gehören. — Unter den Vögeln ist vorzugsweise der Specht, der am Stamme klettert und die Insecten aus der Rinde holt, unter den Säugethieren aber sind nach RATZEBURG der Igel, der Maulwurf und die Stinkthiere dem Walde sehr nützlich. Auch das Schwarzwild (die Schweine) scharrt die Engerlinge der Maikäfer und anderer Waldverderber aus dem Boden; das Roth- und Dammwild (der Edelhirsch und der Dammhirsch) bringt dagegen durch das Zerbeifsen der jungen Pflanzen und das Schälen der Rinde dem Walde mehr oder

---

*) Nach einer Mittheilung meines Freundes RATZEBURG.

weniger Schaden; das Reh besitzt dieselben Fehler, auch der Hase wird den jungen Bäumen, zumal im Winter, gefährlich. Das Eichhörnchen schadet dem Walde, weil es die Samen verzehrt, auch häufig die Saatbeete heimsucht und im Winter, bei Mangel anderer Nahrung, die jungen Triebe der Tannen und Fichten zerbeifst. Die Ratten und Mäuse sind für den Wald gleichfalls nachtheilig.

Die gröfste und interessanteste Schmarotzerpflanze unserer Waldungen ist die Mistel (Viscum album*), welche sowohl auf Nadelhölzern, als auf Laubbäumen nistet (Fig. 218, 219, 220, 221 u. 222). Ich sah sie auf der Kiefer (bei Berlin), auf der Tanne (im Schwarzathale) auf dem Ahorn und auf Obstbäumen (bei Jena und um Aachen), ferner auf der Birke (bei Neustadt-Eberswalde) und auf der Schwarzpappel und Acacie (Frankenfelde im Oderbruche). Die Mistel bildet grofse, immergrüne Büsche, sie senkt ihre Wurzel durch die Rinde bis zum Holzringe des Baumes, auf welchem sie sich angesiedelt, und nährt sich zum Theil von den Säften desselben, zum Theil aber auch durch ihre eigenen Blätter und ihre grüne Rinde; deshalb wächst ihre Wurzel unterhalb der Rinde des Baumes mit dem Aste, auf dem sie haftet, und entstehen unter dem Mistelbusche, wie unter dem Hexenbesen (S. 119), knollenartige Anschwellungen. (Im Rauhthale bei Jena stand ein alter Ahorn, durch die Mistel wunderbar verunstaltet, indem alle Aeste und Zweige durch Mistelbüsche, welche zum Theil längst abgestorben, mit knollenartigen Anschwellungen, rhachytischen Knochenauftreibungen vergleichbar, übersäet waren.) Der Mistelsame wird von den Vögeln, welche die Beeren fressen, weiter verschleppt, keimt jedoch ohne Zuthun derselben schon innerhalb der Beere, diese aber haftet beim Herabfallen nicht am Zweige; der klebrige Same dagegen, den die Vögel auswerfen, bleibt sehr leicht am Zweige hängen; daher die unbegründete Sage, dafs der Mistelsame, um keimfähig zu werden, den Magen der Vögel passiren müsse. Die Mistel wächst sehr langsam und macht in jedem Jahre nur ein ausgebildetes Stengelglied mit zwei gegenständigen grünen Blättern; sie vermehrt sich durch Samen und durch Wurzelausschlag, der aus der Rinde hervorbricht und namentlich dann auftritt, wenn eine ältere Pflanze absichtlich oder zufällig abgebrochen wurde. Man kann die Mistel deshalb nur durch Abnehmen des Astes, der sie trägt, beseitigen. Der verwandte Loranthus nistet in Oesterreich auf der Eiche.

Niedere Pflanzen mancherlei Art ernähren sich von den Zersetzungsproducten des Holzes und der Rinde. In hohl gewordenen Bäumen nistet ein Heer von Pilzen, und auf der Rinde hausen Flechten, Moose und Lebermoose. Letztere machen den Baum nicht krank, sind aber häufig ein Zeichen seines kränklichen Zustandes. Die Lerche gedeiht an

*) Schacht, über Schmarotzergewächse und deren Verhalten zur Nährpflanze. — Beiträge zur Anatomie und Physiologie. S. 172—181. — Desgleichen Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. II. S. 465.

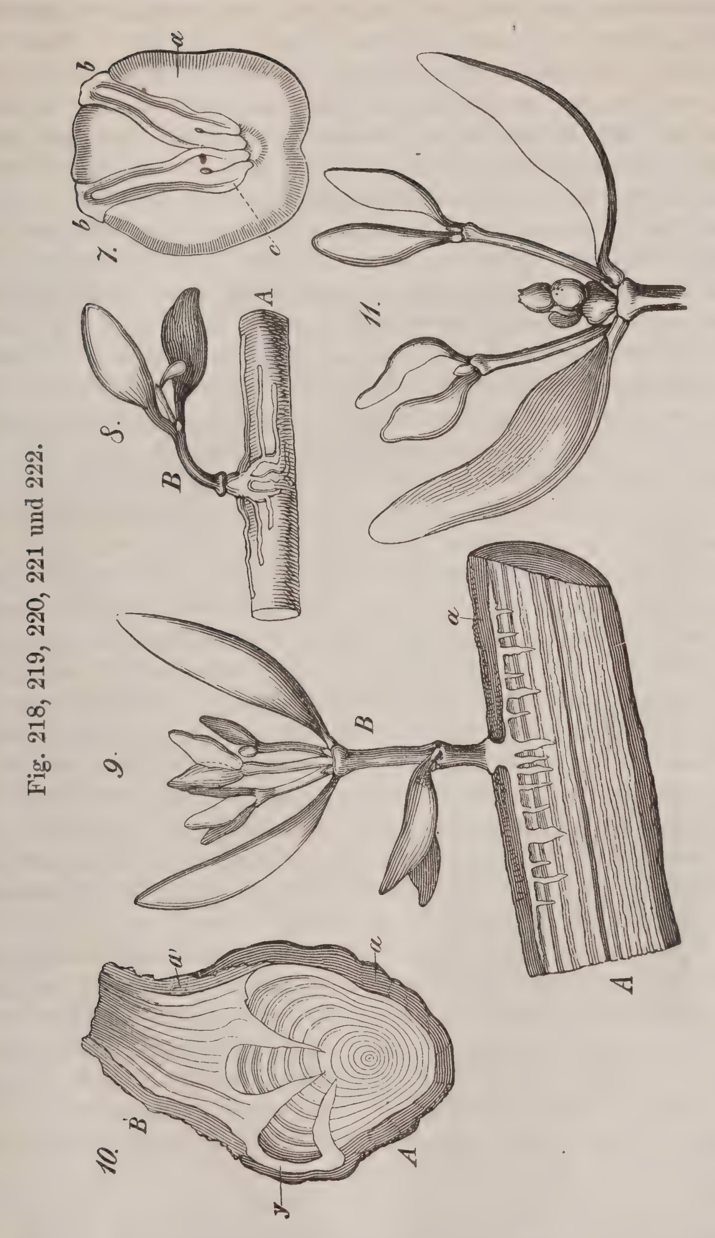


Fig. 218. (*7*) Längsschnitt durch den reifen Samen der Mistel; *a* das Sameneiweifs; *b* und *b* zwei Keime; *c* ein Samenlappen derselben (8 mal vergröfsert).

Fig. 219. (*8*) Eine Mistelpflanze (*B*) im dritten Jahre auf einem Tannenzweige (*A*). Die Rinde des letzteren wurde sorgfältig entfernt, um den Verlauf der Wurzeln des Schmarotzers zu zeigen (Natürliche Gröfse).

manchen Orten des Thüringer Waldes bis zum zwanzigsten Jahre vortrefflich, Stamm und Aeste sind von Flechten frei; derselbe Baum wird aber später kümmerlich, und lange weiſse Flechten (Usnea) hängen bartartig von allen Zweigen herunter. Wo Bäume feucht und dumpfig stehen, finden sich gern Moose ein; an Stämmen mit rissiger Borke sind selbige häufiger, als an Bäumen mit glatter Rinde, weil sich in der zerrissenen Rinde durch Regen und Thau Feuchtigkeit sammelt und damit die Verwesung der Borke um so mehr Platz greift und einen für mancherlei Pflanzen und Thiere günstigen Boden bereitet. — In den feuchten Waldschluchten Madeira's und Tenerife's wuchern die Moose und Lebermoose mit Lycopodiaceen und Farnkräutern um die Wette, und der Wurzelstock der Davallia canariensis (eines sehr zierlichen Farnkrautes) klettert schlangenartig an den Stämmen alter Lorbeerbäume, wie bei uns ein anderes Farnkraut (Polypodium vulgare) gern in dem Kopfe morscher Weiden nistet, auf dem man überhaupt nicht selten die ganze Flora der nächsten Umgebung versammelt findet.

Die Rothfäule und die Weiſsfäule sind Zersetzungsweisen des bereits abgestorbenen Holzes. Die Rothfäule ist vielleicht nur ein späteres Stadium der sogenannten Kernfäule, d. h. des Absterbens und Faulwerdens der Stämme von innen her; die Weiſsfäule erscheint dagegen mehr als eine Folge äuſserer Verletzungen; ihre Zersetzungsproducte sind, wahrscheinlich schon wegen des directen Einflusses von Licht und Atmosphäre, etwas anderer Art als bei der Rothfäule. Pilzwucherungen begleiten, wie fast überall, auch diese Art der Fäulniſs, und zwar sind an den Orten des geringsten Widerstandes, in den Markstrahlen und an der Grenze der Jahresringe, solche Hölzer durch Pilzwucherungen zersprengt. Das weiſsfaule Holz der Roſskastanie hat seinen Holzstoff meistentheils verloren und wird durch Jod und Schwefelsäure, wie die Zellstoffgewebe blau gefärbt. Die Pilze im Holz bilden in der Regel keine Fructification und lassen sich deshalb auch nicht bestimmen.

Eine sorgsame Forstpflege beachtet alle Lebenserscheinungen der Bäume und der einzelnen Baumarten insbesondere; sie bringt den Baum in seine möglichst natürlichen Verhältnisse, d. h. auf einen angemessenen Boden, in eine in Bezug auf Höhe, Klima und Feuchtigkeit angemessene Lage, desgleichen in ein richtiges Verhältniſs zu den übrigen Bäumen. Das Studium der Bäume aber ist eine Hauptaufgabe der Forstwissenschaft. Um den Wald mit Vortheil zu bewirthschaften, muſs man das Leben einer jeden Baumesart auf das Genaueste kennen.

Fig. 220. (*9*) Eine Mistelpflanze (*B*) im vierten Jahre, ebenfalls auf der Tanne (*A*). Die Wurzeln der Mistel verlaufen zwischen der Rinde *a* und dem Holze der Tanne und ihre Senker sind in das Holz derselben eingedrungen (Natürliche Gröſse).

Fig. 221. (*10*) Querschnitt des Tannenastes (*A*), auf welchem eine Mistel (*B*) seit sieben Jahren nistet; *a* die Rinde der Tanne; *a'* die Rinde der Mistel; *y* eine Wurzel der Mistel, die einen Senker mit dem anderen verbindet (Natürliche Gröſse).

Fig. 222. (*11*) Das Ende eines Mistelzweiges, welcher zwischen zwei jungen Trieben drei junge Beeren angesetzt hat (Natürliche Gröſse).

X.

Der Wald und sein Leben.

Alle gesellig lebenden Pflanzen geben, wenn sie über gröſsere Flächen verbreitet, auftreten, der Gegend einen besonderen Ausdruck. Das Auftreten bestimmter Gewächse ist aber, wie wir im vorigen Abschnitt gesehen, mehr oder weniger an gewisse Boden-, Klima- und Lagenverhältnisse geknüpft. Genannte Verhältnisse bedingen schon für sich allein den Hauptcharakter einer Gegend, dem die Pflanzendecke nur eine bestimmte Färbung verleiht. Ein ausgedehntes Flachland macht einen ganz anderen Eindruck, als eine von engen Thälern durchschnittene Gebirgsgegend; über dem ersteren schweift das Auge in weite Ferne dahin, es findet keinen Ruhepunkt und keine Abwechselung, während in der Gebirgsgegend der Blick von der Höhe des Berges über Thal und Hügel streift, oder in der engen Schlucht durch steile Bergeswände begrenzt wird.

Wie das Flachland selbst einförmig, so bietet auch seine Pflanzendecke wenig Abwechselung. In der Nähe der Flüsse findet man bei uns grüne Wiesen, sonst Ackerland, Kornfelder, düsteren Moorgrund, Haideflächen oder nackten Sand. Auf feuchtem Grunde stehen Weiden und Erlen und hohe Pappeln begleiten die Kunststraſsen; auf der Haide (eine unfruchtbare Fläche mit Haidekraut bedeckt) treten Birken- und Kiefernwaldungen, aber selten in groſser Ausdehnung, hervor und das Auge erfreut sich schon dieser kleinen Abwechselung. Ueberall erblickt man in der Ebene die Hand des Menschen; die Pappeln der Kunststraſsen, die Weiden und Erlen der feuchten Niederungen, ja sogar die Kiefern der Haide sind von ihm gepflanzt, der Acker wird von ihm bestellt und die Wiese von ihm gemähet; seine Städte und Dörfer, mit ihren rothen Ziegel- oder grauen Stroh- und Schindeldächern, von Obstbäumen umgürtet, treten hier und da hervor, seine Eisenbahnen durchschneiden die Ebene.

Aber der Boden erhebt sich, es treten Hügel, es treten gar Berge hervor. Für Ackerland und Wiese bleibt das Thal von Flüssen und Bächen durchschnitten. Durch sie bewässert grünen die Wiesen, prangt das Kornfeld in üppiger Fülle. Bis zu einer gewissen Höhe geht darauf das Ackerland am sanft sich erhebenden Berge hinan, dessen Gipfel dichter Wald

bedeckt. Das Gebirge mittlerer Höhe aber ist das eigentliche Gebiet unserer Wälder.

Auch diese sind zwar von Menschenhand gepflanzt und werden auch von ihr geschlagen und neu erzogen; allein die Umtriebszeit des Niederwaldes ist zwölf bis zwanzig, die Umtriebszeit des Hochwaldes hundert Jahre und viel darüber, während auf dem Acker alljährlich gesäet und alljährlich geerntet wird. Der Wald erhält uns deshalb manche kraut- und strauchartige Pflanze, welche der sorgsame Landmann auf seinen Feldern als Unkraut vertilgt.

Die Wiese und das Getreidefeld bestehen aus gesellig lebenden Grasarten, den Wald aber bilden gesellig lebende Holzpflanzen. Im Niederwald finden wir strauchartige Gewächse, im Mittelwald Sträucher und Bäume und im Hochwald hochstämmige Bäume, unter deren Schatten, wenn sie dicht stehen, kein Unterholz gedeiht.

Der Niederwald, welcher, wie schon sein Name sagt, niemals aus hohen Bäumen besteht, wird entweder als reiner oder gemischter Bestand gezogen und dient nach der Baumesart zur Gewinnung von Busch- und Stangenholz, auch als Eichenschälholz zur Gewinnung der Rinde; er hat eine zehn- bis zwanzigjährige Umtriebszeit. Man wählt für ihn zunächst solche Baumarten, welche Stock- oder Wurzelausschlag bilden und läfst die Stöcke oder die Wurzeln beim Abtreiben im Boden, damit aus ihnen ein neuer Niederwald hervorsprosse. Zur Anlegung desselben wählt man, nach der Boden- und übrigen Ortsbeschaffenheit, entsprechende Baumarten. Die Nadelhölzer, welche weder Stock- noch Wurzelausschlag machen, können nicht als Niederwald betrieben werden; das Kiefernstangenholz ist kein eigentlicher Niederwald, es entspricht vielmehr einem jungen Bestand, einer sogenannten Schonung. Zum Stockausschlag eignen sich die Birke, die Eiche, der Haselstrauch und die Schwarzerle, welche an dem Stumpfe leicht und reichlich Nebenknospen bilden, aber schwierig Wurzelausschlag bringen, weshalb man das Buschholz etwa einen halben Fufs über der Erde fällt. Die Espe, die Ulme, die Linde, die Hainbuche*) und der Ahorn bringen dagegen leicht und reichlich Wurzelausschlag. Die Espe treibt unter günstigen Verhältnissen aus allen jungen Wurzeln Stammknospen, welche sich zum Niederwald, aber auch zu kräftigen Bäumen erziehen lassen. Die Weide liefert ebensowohl Stock- als Wurzelausschlag; durch Stockausschlag erzieht man das Bandholz der Bötticher. Nun geben die jüngeren, noch recht saftigen Wurzeln letztgenannter Bäume im Allgemeinen einen kräftigeren Wurzelausschlag als die älteren Wurzeln mit stark verkorkter Rinde (S. 164). Bei der Espe rodet man deshalb nach Pfeil**) die Stöcke mit den älteren Wurzeln aus dem Boden und überläfst die

---

*) Nach Pfeil. Ich selbst kann mich nicht entsinnen, bei der Hainbuche Wurzelausschlag beobachtet zu haben (S. 87).

**) Pfeil, kritische Blätter. Bd. XX. Heft 1. S. 225.

jungen Wurzeln ihrem Schicksal, damit sich aus ihnen neue und kräftige Stämme erheben. An Orten, wo man seit Jahr und Tag keine Espe mehr gesehen, zeigt sich häufig, wenn der Wald gelichtet wird, auf den Schlägen Wurzelausschlag des genannten Baumes, dessen Wurzeln demnach ohne Blätter und Zweige längere Zeit im Boden lebensfähig blieben*).

Die Hainbuche, die Birke, die Haselnufs und die Eiche bedecken als Niederwald vielfach die steinigen, nur mit einer schwachen Bodendecke versehenen Bergabhänge Thüringens. Ihr frisches Grün im Frühjahr mit dem Gelb blühender Ginsterbüsche (Spartium scoparium) untermischt, schmückt die zackigen Felsen des romantischen Schwarzathales und wo das Buschholz lichter steht, gedeiht auch der Brombeerstrauch in üppiger Fülle. Die jungen Eichen des Niederwaldes werden, wenn sie eine genügende Gröfse erreicht haben, im Frühjahr geschält und die entrindeten Stämme stehen häufig bis zum Herbst, während aus ihrem unteren, nicht entrindeten Stammtheil neue Zweige hervorsprossen. Der Niederwald verbessert durch seine im Herbst abfallenden Blätter den Boden und bildet oftmals ein fast undurchdringliches Buschwerk. Ein alter Eichenstock entsendet häufig zahlreiche Aeste, deren einer, wenn die anderen entfernt werden und er allein die Bodennahrung des Stockes empfängt, sehr wohl zum kräftigen Baum gedeihen kann.

Der Mittelwald ohne bestimmte Betriebszeit besteht in der Regel aus Bäumen verschiedener Art; man schlägt die gröfseren Stämme, welche die kleineren zu sehr beschatten, nach und nach heraus und läfst die jüngeren Bäume wachsen. Der Mittelwald erzeugt im Allgemeinen schwaches Holz; er ist nach Pfeil**) sehr wohl für kleinere Grundbesitzer, aber nicht für gröfsere Staatswaldungen vortheilhaft. Derselbe eignet sich nach letzterem, namentlich für solche Verhältnisse, wo die Tiefe des Bodens zur Erziehung des Hochwaldes nicht ausreicht, oder wo man befürchten mufs, beim vollständigen Abtreiben (Fällen, Abholzen, Schlagen) des letzteren keinen neuen Wald erziehen zu können. Der Mittelwald giebt, da nur einzelne Bäume geschlagen oder Strauchholz gewonnen wird, niemals nackte Flächen und liefert dem Privatbesitzer alljährlich seinen Holzbedarf, während der Hochwald demselben nur alle 80 oder 120 Jahre nutzbar wird. Im Mittelwald erzieht man etwa dieselben Bäume, welche im Niederwald gedeihen; er wird in der Regel nicht nachgepflanzt, sondern gröfstentheils durch Stockausschlag und Selbstbesamung erhalten. Aus ihm kann aber unter Umständen auch ein Hochwald werden, indem das Unterholz (die jüngeren, niedrigen Bäume und das Gestrüpp) abstirbt, sobald die höheren Bäume (nach der Forstsprache die Oberständer) es zu sehr beschatten. Die Birke, welche viel Licht verlangt, gedeiht bei uns sehr schlecht als Unterholz. — Ein lichter Mittelwald ist reich an kleineren Waldpflanzen;

*) Ein Beweis gegen Göppert's Ueberwallungstheorie (S. 121).

**) Pfeil, kritische Blätter. Bd. XX. Heft 1. S. 116.

Erdbeeren, Himbeeren und Heidelbeeren, desgleichen Blumen aller Art wachsen zwischen seinen Bäumen; dichter gestellt trägt dagegen sein feuchter Boden in der Regel Moos und grasartige Pflanzen.

Den Hochwald oder den eigentlichen Wald bilden Bäume von bedeutender Stammhöhe. Man unterscheidet zwischen einem lichten und einem geschlossenen, zwischen einem reinen und einem gemischten Bestand. Ein lichter Hochwald gleicht schon mehr dem Mittelwald, da unter seinen hohen, weit gestellten Bäumen jederzeit Unterholz erscheint, während im dicht geschlossenen Bestande nur Bäume von beinahe gleicher Höhe vorkommen, weil alle kleineren Stämme, aus Lichtmangel, verkümmern (unterdrückt werden). Im dicht geschlossenen Bestande giebt es keine Sträucher und keine Blumen; nur am Saume desselben gedeiht die Erdbeere, die Himbeere, die Brombeere u. s. w., dagegen wachsen nach der Baumesart und nach der Beschaffenheit des Grundes Leber- und Laubmoose, desgleichen Farnkräuter unter seinem Schatten. Um mit Vortheil einen gemischten Hochwald zu erziehen, wählt man Bäume, die mit einander im Wachsthum gleichen Schritt halten, oder solche, die selbst etwas beschattet gedeihen können. Die Buche wächst mit der Tanne sehr gut, wenn auch die letztere sie in der Höhe überflügelt. Tannen und Fichten wachsen vortrefflich mit einander; die Birke und die Kiefer verkümmern dagegen, sobald andere Bäume sie beschatten. Im geschlossenen Bestande zieht ein Baum den anderen gewissermaſsen mit in die Höhe; die Hainbuche, welche im freien Wuchse hinter der Buche zurückbleibt, erreicht, mit der letzteren eng geschlossen, dieselbe Stammeshöhe. Die Buche erhält die Höhe und den säulenförmigen Stamm der Tanne und der Fichte, wenn sie mit letzteren eng geschlossen wächst. — Die Betriebszeit des Hochwaldes ist nach der Baumesart und nach dem Gedeihen des Waldes selbst verschieden, sie schwankt zwischen 80 und 150 Jahren.

Die reinen Bestände scheinen mehr oder weniger durch den Forstbetrieb erzwungen zu sein; wo wir, wie in Deutschland freilich selten, Waldungen sehen, welche nicht gesäet und wenig oder gar nicht durchforstet wurden, da finden wir immer Laub- und Nadelholz zwischen einander. In neuerer Zeit hat man deshalb versucht, den Betrieb des gemischten Bestandes wieder mehr heranzubilden.

Kiefern (Pinus silvestris) seltener Art im reinen Bestand stehen auf dem Hain bei Rudolstadt. Die Bäume sind nach genauen Zählungen ihrer Jahresringe, deren ich selbst einige vorgenommen, mindesten 280 bis 300 Jahre alt. Es sind hier nach einer brieflichen Mittheilung des Landjägermeister v. Holleben vor einigen Jahren Stämme geschlagen, welche bei einer Höhe von etwa 150 Fuſs, in der Brusthöhe einen Durchmesser von $3\frac{1}{2}$ Fuſs besaſsen. Die Bäume stehen ziemlich weit von einander, ihr Stamm ist bis zu einer Höhe von etwa 80 Fuſs astrein, mit einer ziemlich breiten und kuppelförmigen Krone. Diese herrlichen, für Deutschland seltenen Kiefern haben, wie ein Durchschnitt ihres Stammes zeigt, etwa bis

zum achtzigsten Jahre nur sehr schmale Holzlagen gebildet und zeigen darauf plötzlich breitere Jahresringe, die ganz allmälig wieder abnehmen, so daſs die Holzlagen der letzten 100 Jahre fast noch schmaler als die Holzringe der ersten 80 Jahre und deshalb nur mit Hülfe der Lupe auf glatt gehobelter Fläche zählbar sind. Wahrscheinlich ist also der anfangs dicht geschlossene Bestand im achtzigsten Jahre der Bäume lichter gestellt; auch zeigen gefällte Stämme häufig in der Brusthöhe vernarbte, um dieselbe Zeit erfahrene, vollständig überwallte Wunden, welche muthmaſslich von einem Axthieb herrühren. Die Bäume sind noch jetzt zum gröſsten Theil gesund, obschon sie kaum noch Zuwachs zeigen. Unter ihnen stehen kümmerlich junge Eichen, während der Boden mit Heidelbeeren dicht bedeckt ist. Alljährlich wird eine Anzahl dieser mächtigen Stämme geschlagen und werden sie nach einer Reihe von Jahren wohl verschwunden sein. Zum Theil gipfeldürre und, wie wir gesehen, mit sehr schwachem Nachwuchs, kann man der Schwarzburgischen Forstverwaltung nur danken, daſs sie die Urväter der jüngeren Kiefernwaldungen bisher mit solcher Schonung behandelt hat. — Das Hauptsmoor bei Bamberg ist wegen seiner alten, zu Mastbäumen werthvollen Kiefern bekannt. Die Stämme steigen kerzengerade in die Höhe, sind bis zu 70 oder 80 Fuſs astrein und gleichen im Wuchs den Kiefern bei Rudolstadt, welche sie aber in der Stärke und wahrscheinlich auch im Alter nicht ganz erreichen. Die ältesten Bäume sind auch hier zum gröſsten Theil verschwunden, doch läſst das Forstamt, um neue Stämme von ähnlicher Höhe und Stärke zu erziehen, wenn es einen Kiefernschlag abtreibt, in einiger Entfernung von einander die schönsten und schlanksten Stämme stehen, damit sie „überständig“ werden und späterhin als sogenannte Holländer treffliche Mastbäume liefern. Einige Abtheilungen des Hauptsmoors mit prächtigen 30- oder 40jährigen Kieferbeständen, von hohen Ueberständern mit kuppelförmiger Krone überragt, gleichen deshalb einem tropischen Walde, über dessen hohes Unterholz sich schlanke Palmen erheben. Längs der Eisenbahn nach Nürnberg findet man am rechten Mainufer Kiefernbestände ähnlicher Art und Cultur. Der Obergrund des Hauptsmoors ist sandig, der Untergrund Lehm (Letten).

Reine Tannenbestände (Abies pectinata) von besonderer Schönheit findet man um Schwarzburg, z. B. am Fahrwege nach dem Trippstein u. s. w. Die Bäume etwa 100—130 Jahre alt, streben, gleich den Masten vieler Schiffe, neben einander im ziemlich dichten Schluſs empor. Ihre weiſse glatte Rinde zeigt kaum einen Moosanflug, der Stamm ist bis zu einer beträchtlichen Höhe astrein und die wagerechten, sich weit ausbreitenden Aeste bilden eine kuppelförmige Krone. Fichten und Tannen unter einander zeigt das Schwarzathal in groſser Menge und von schönem Wuchs. Die Tanne ist der Fürst der deutschen Nadelbäume und dazu das Bild der Kraft, kein anderer Baum unseres Vaterlandes kommt ihr an Höhe und an Stärke gleich. Auch um Baden-Baden und im Schwarzwald sah ich reine und gemischte Tannenbestände von vorzüglicher Schönheit.

Im Forstrevier Katzhütte (Fürstenthum Schwarzburg-Rudolstadt) findet man schöne Fichtenbestände (Picea vulgaris Link); doch hat theilweise hier das Wild, das jetzt verschwunden ist, viel Schaden angerichtet. Die 100—150 Jahre alten Bäume von mächtiger Höhe und starkem Stammdurchmesser besitzen eine kegelförmige spitzzulaufende Krone und gehen ihre herabhängenden Aeste und Zweige ungleich weiter als bei der älteren Tanne am Stamme herunter. Die Fichte beschattet ihre tiefer liegenden Aeste nicht in dem Maſse als die letztere, weshalb sich die unteren Zweige hier länger erhalten.

Die Königsfichte im Forstrevier Nesselgrund (Schlesien), über welche uns Ratzeburg interessante Mittheilungen gegeben (wahrscheinlich die älteste Fichte deutscher Waldungen), stand in der Mitte eines jüngeren Fichtenbestandes, welchen sie hoch überragte; ihre Höhe betrug nach Ratzeburg*) (mit einem Winkelinstrument gemessen) 156 rheinländische Fuſs, ihr Stamm maſs ($\frac{1}{2}$ Fuſs über der Erde) 22 Fuſs 2 Zoll, 4 Fuſs über der Erde dagegen 13 Fuſs 6 Zoll im Umfang. Der Stamm stieg, sich allmälig verjüngend, schlank und gerade empor und war bis zu einer Höhe von 40 Fuſs astrein. Der ungefähren Berechnung nach müſste dieser Stamm etwa 11 Klafter (zu 72 Cubikfuſs) Holz enthalten, und würden die nicht sehr starken Aeste nach Ratzeburg noch etwa 2 Klafter liefern; die Königsfichte würde demnach, mit Ausschluſs des Stockes, etwa 13 Klafter Holz enthalten. Für die Tanne sind Stämme mit doppelt so groſsem Holzgehalte bekannt.

Die schönsten und ältesten Fichtenbestände habe ich im Stellerwald bei Kaufbeuren (Bayern) und zwar im Forstrevier Sachsenried gesehen, wo der Boden aus einem $\frac{1}{2}$—1 Fuſs mächtigen Obergrund besteht, der keinen Sand, wohl aber Kalk und reichlich Humus enthält und einen Untergrund von Nagelfluh deckt. Die Fichte gedeiht hier sowohl rein als mit der Buche gemischt vortrefflich. In den Gemeindewaldungen ist die Stärke und das Alter der Stämme, desgleichen der Grad ihrer Geschlossenheit sehr verschieden, in den Königlichen Beständen zeichnet sich dagegen die Fichte durch ihre Stammlänge und Stärke aus; der Baum soll hier, noch über 200 Jahre alt, neues Holz auflegen. Einige frisch gefällte, noch nicht ausgerodete Stöcke zeigten Jahresringe von ungewöhnlicher Breite. Die stärksten Stämme konnten von zwei Männern bequem umspannt werden, doch sollen nach mündlicher Mittheilung des Revierförsters Heindl Stämme von 6 Fuſs Durchmesser (über der Wurzel) und 150—160 Fuſs Höhe geschlagen sein. Nach dem Forstregister ist eine Höhe von 116—120 Fuſs und ein Durchmesser von 20—26 Zoll in der Mitte der Höhe nicht selten. Die Stämme sind durchweg gesund, ohne Wildbeschädigungen, ohne Harzscharren und ohne Flechten. Ihre Tracht ist durchaus normal, der Gipfel überall kegel- oder pyramidenförmig; im dicht geschlossenen Bestande bis

*) Ratzeburg, Forstnaturwissenschaftliche Reisen. S. 287.

zu einer beträchtlichen Höhe astrein, ist bisweilen sogar, wie bei alten Kiefern am astreinen Theile des Stammes, jede Spur vormaliger Aeste verschwunden, während lichter stehend der Baum bis zur Wurzel hinab beästet bleibt, dagegen im Höhenwuchs einbüfst. Die Stöcke vor grauer Zeit geschlagener Fichten, vermodern im Walde und ist die jetzige Baumgeneration vielfach auf ihnen gewachsen, weshalb spreitzende Wurzeln, wie auf dem Wurzelberg und Lindigforst, nicht selten sind (siehe weiter oben). Während dort die Fichte auf dem Tannenstocke keimt, wächst sie hier auf ihren eigenen Stöcken. Die schwächeren Stöcke hatten sämmtlich für einige Jahre hindurch überwallt, ohne dafs in mehreren Fällen im Umkreis von 30 Fufs eine stehende Fichte vorhanden war. Das nach dem Abhieb des Stammes gebildete Ueberwallungsholz trennte sich leicht von dem älteren Holz und ist von ihm durch seine Härte und ausgezeichnet maserige Beschaffenheit wesentlich verschieden. Modernde Stämme sah ich nirgends; die Bestände sind sehr rein und schön gehalten. — Der Windbruch thut auch hier viel Schaden und der Schneebruch knickt im Winter junge Fichten. In den dicht geschlossenen Beständen ist der Boden mit einer grünen Moosdecke und mit Sauerklee (Oxalis acetosella) in grofser Menge, desgleichen mit Waldmeister (Asperula odorata) und anderen Pflanzen bedeckt; wo die Bäume lichter stehen, erscheint die Heidelbeere in grofser Ueppigkeit und Himbeersträuche, sammt Erdbeeren mit den schmackhaftesten Früchten begleiten in Menge die gut gehaltenen Waldwege. — Das Revier Sachsenried liegt 2300—2800 Fufs über dem Meere; ein vortrefflicher Boden und die günstige, durch höhere Gebirge (die bayerischen Alpen) geschützte Lage mögen zunächst den so bewunderungswürdigen Holzwuchs begünstigen. Die Betriebsweise ist theils Kahlhieb und theils Dunkelhieb. Auch die Privatwaldungen stehen in Bayern unter der Aufsicht Königlicher Forstbeamten. — Die Heuernte war eben vorüber (14. August 1853).

Die älteren Lerchenbestände (Larix europaea) um Schwarzburg sind krüppelig, die schwachen Stämme oft säbelförmig gekrümmt, dazu deren Aeste mit Flechten bedeckt. Bis zum 20—25. Jahre gedeiht die Lerche auch im Schwarzathal vortrefflich, Stamm und Aeste sind bis dahin frei von Moos und Flechten, der Baum wächst, viele Zweige bildend, schlank empor, scheint aber aufser Kraft zu wachsen und deshalb später krüppelig zu bleiben. In kälteren Gebirgsgegenden wird die Lerche zum hohen und mächtigen Baume. Schon im Hauptsmoor bei Bamberg sieht man einen kleinen, aber kerngesunden Lerchenbestand von 120—150jährigen Stämmen, die zum Theil bis 120 Fufs hoch und bis zu 70—80 Fufs astrein sind. Die stärksten dieser Bäume haben 1 Fufs 6 Zoll bis 1 Fufs 8 Zoll Pariser Mafs im Durchmesser. Die höheren Gebirge sind das eigentliche Gebiet der Lerche, auf welchem dieser Baum zu einer beträchtlichen Gröfse gelangt.

Das Knieholz (Pinus Pumilio) erscheint, Bestände bildend, nur auf den höheren kälteren Theilen der Gebirge. Am Thüringer Walde sieht man dasselbe nur auf der Spitze des Inselberges, wo es 5—8 Fufs hohe Büsche

von gebogen kriechendem Wuchse bildet und bis zur Wurzel herab beästet ist. Das Knieholz tritt in der Regel erst da auf, wo die anderen Nadelhölzer nicht mehr fortkommen; ein hundertjähriger Stamm ist nur wenige Zolle stark, das Holz dafür um so fester. Das Knieholz wird für die Alpen sehr wichtig, indem er der Lawinenbildung hemmend entgegentritt.

Der Eibenbaum (Taxus baccata) findet sich im Thüringer Walde nur versprengt und zwar in der Regel dicht versteckt unter Tannen und Fichten; er ist eine Schattenpflanze, dessen Stamm niemals eine bedeutende Höhe, dagegen ein ungeheueres Alter erreicht. Er mufs früher mehr verbreitet gewesen sein, da sein Holz in der Braunkohle häufig gefunden wird; auch trifft man ihn am Harz noch gesellig.

Der Wachholder (Juniperus communis); als kriechendes Gebüsch in allen Gebirgswäldern verbreitet, bildet hier und da, unter günstigen Verhältnissen, schlanke, gerade Stämme von 15—20 Fufs Höhe und gleicht alsdann der jungen Lerche, doch hat die Krone einen viel geringeren Umfang.

Mit Ausnahme der Lerche behält unser Nadelwald auch im Winter sein grünes Gewand, jedoch färben seine Nadeln sich im Winter dunkeler. Der Schnee hält sich namentlich bei der Tanne und der Fichte, die beide vom Schneebruch leiden, auf den belaubten Zweigen.

Sehr schöne alte Buchen (Fagus silvatica), im dichten Bestand, hinter dem Schlosse zu Schwarzburg gleichen riesigen, schlanken Säulen. Der bis zu einer Höhe von 50—60 Fufs astreine Stamm ist entweder einfach oder in mehrere, starke, gleichfalls aufstrebende Aeste getheilt, worauf sich die Krone bogenartig ausbreitet, so dafs man unter gothischen Hallen zu wandeln glaubt und ein dichtes Laubdach den Grund beschattet. Der Boden ist feucht und dicke Moospolster überdecken die dunkele fruchtbare Baumerde, während in den Niederungen das dürre Laub fufshoch zusammengeweht ist. Die glatte, weifse Rinde zeigt, wie bei der Tanne des günstigen Standortes kaum einen leichten Moos- und Flechtenüberzug. Noch stärkere Buchen, aber von geringerer Stammhöhe findet man auf der Abendseite des Schlofsberges. Während in dem vorhin erwähnten, dicht geschlossenen Bestande die Aeste fast gerade in die Höhe streben, um zum Lichte zu gelangen, breiten sie sich hier, von anderen Bäumen nicht beschattet, wie lange Arme wagerecht aus, so dafs die Krone eine weite Fläche überdacht. Kuppelförmig überwallte Aststümpfe zeigt hier fast jeder Baum in besonderer Schönheit und Auswahl. Auch bei Leutenberg und um Eisenach, zwischen Altenstein und Ruhla, sah ich schöne Buchbestände, durch welche der Spessart berühmt ist.

Die Eiche (Quercus pedunculata und sessiliflora) bildet im Thüringer Wald keine reinen Bestände, dagegen findet man sie zwischen Buchen, seltener zwischen Nadelholz versprengt. Sie eignet sich, wegen ihrer, von mancherlei Zufälligkeiten abhängigen, so sehr verschiedenen Lebensdauer nicht wohl für die Zucht in geschlossenem Bestande; es würden zu oft

durch das Absterben einzelner Stämme Lücken entstehen, in welchen bekanntlich schwer junge Bäume nachzuziehen sind. Die Küsten Schleswigs sind mit schönen Eichenwaldungen bedeckt, auch hat England einige sehr sehenswerthe Laubwaldungen mit alten Eichen und Eschen (der New Forest bei Southampton, in dessen Schatten die herrliche Klosterruine Nedly Abay gelegen). Plinius sagt von den Waldungen Deutschlands*) „In diesem Walde übersteigt die unermefsliche Gröfse der Eichen, an die nimmer die Axt gelegt ward, die mit dem Anfang der Welt entstanden und denen das Loos, möchte ich sagen, der Unsterblichkeit gefallen ist, allen Wunderglauben. Ich will Manches übergehen, was kaum Glauben finden würde; aber sicher ist, dafs die Wurzeln, wo sie sich begegnen, das Erdreich zu Hügeln auftreiben, dafs da, wo das Erdreich nicht nachgab, die Wurzeln hohe Berge bilden, die bis zu den in einander verwachsenen Aesten emporsteigen, so dafs förmliche Thore entstehen, durch welche ganze Schwadronen reiten können.“ Unter den Thieren dieser Wälder wird namentlich des Elenns, des Auerochsen und des Wisents gedacht. Das Lied der Nibelungen erwähnt gleichfalls dieser Thiere, welche mit den grofsen Eichen längst aus unseren Wäldern verschwunden sind.

Reine Birkenbestände findet man in der Ukermark und noch schönere in Rufsland**). Bei uns gedeiht die Birke im geschlossenen Bestande nicht, sie verlangt, wie schon die Art ihrer Belaubung zeigt, viel Licht; freistehend wird sie dagegen zu einem hohen und kräftigen Baum, dessen schneeweifse Rinde, von schwarzen Rissen durchfurcht, sie vor allen anderen Bäumen auszeichnet.

Ich sah in bleicher Silbertracht
Die Birkenstämme prangen,
Als wäre dran in heller Nacht
Das Mondlicht blieben hangen.
(Lenau.)

„Der Anblick eines nordischen Birkenwaldes hat für den fremden Beschauer etwas Feenhaftes. Schlanke, blendend weifse Stämme stehen so dicht gedrängt, dafs sie in einer Entfernung von funfzig Schritten den ganzen Gesichtskreis decken und abschliefsen. Bis zu einer Höhe von 60 Fufs ist kaum eine Spur von seitlicher Astbildung zu sehen und der Stamm vom Grunde an rein und glatt, ohne rissige Borke. Nur der äufserste Gipfel trägt als Laubdecke, eine leichte Krone von zarten, herabhängenden Zweigen, deren Anblick mit den herabfallenden Tropfen eines Springquells zu vergleichen ist. Der Boden des Waldes ist mit einem weichen Teppich von Moos und Flechten bedeckt, zwischen denen, soweit das Licht eindringen kann, Gnaphalium dioicum (Katzenpfötchen) üppig hervorsprofst.“ — Die Zwergbirke (Betula nana), als kleiner Strauch, er-

---

*) C. E. Schmid, Deutschlands Geschichte vor der Geschichte.

**) Blasius, Reise ins Innere von Rufsland.

scheint nur an der Vegetationsgrenze der nordischen Gebirge, am Brocken u. s. w. (Fig. 199. S. 299).

Die Ulme, der Ahorn, die Vogelkirsche, die Schwarzpappel, die Espe, die Esche und die Linde erscheinen, gleich vielen anderen Bäumen, in der Regel nur zwischen anderen Holzarten und selten für sich im reinen Bestande. Die Erle und die meisten Weidenarten bleiben in der feuchten Niederung; so findet man am Ufer der Schwarza und ihrer Seitenbäche Bäume der mannigfachsten Art beisammen, während sich an den Bergeshängen die Arten nach ihrer Lebensweise von einander sondern.

Nach der Lage und nach dem Grade der Feuchtigkeit, sowie nach dem weiteren oder engeren Stand der Bäume selbst ist die Bodendecke unter den letzteren, unabhängig von ihrer ursprünglichen Beschaffenheit, im Walde von sehr verschiedener Güte. Während in dem einen Falle dicke feuchte Moospolster den Grund bekleiden, ist der Boden im anderen Falle dürre und kahl, im dritten mit Laubschichten bedeckt. Auch die Baumart ist hier von grofsem Einflufs; alle Bäume, die sich stark beschatten, erhalten dem Boden, auf welchen die Sonnenstrahlen nicht direct einwirken können, seine Feuchtigkeit; Bäume mit einer lichteren Belaubung, z. B. die Birke und die Kiefer, beschatten dagegen den Boden nur wenig und verliert derselbe deshalb seine Feuchtigkeit. Während man unter der Tanne, der Fichte, der Buche und der Eiche einen feuchten Grund und schöne Humuserde antrifft, findet man unter der Kiefer und der Birke meistens nur einen trockenen, mit Kiefernadeln oder dürren Birkenblättern bestreuten Obergrund. Die Schattenbäume verbessern den Boden, weil sie ihm die Feuchtigkeit erhalten und durch dieselbe den Verwesungsprocefs der in ihm vorhandenen Organismen befördern und aufserdem durch ihren Blattfall noch den Boden düngen. Die Moosdecke, unter ihrem Schatten entstanden, hält gleichfalls auch die Feuchtigkeit zurück, indem das Moos von unten her abstirbt und vermodert, dagegen von oben her fortwächst. Die Humusdecke des Waldes vermehrt sich bekanntlich mit den Jahren. Das Moos und das Laub aber mufs dem Walde erhalten werden, denn es giebt seinen Bäumen Nahrung.

Uralte Wälder sind in Deutschland selten und deshalb, wo noch vorhanden, sehr beachtenswerth; so ist die Spitze des Wurzelberges bei Katzhütte im Thüringer Walde mit dem Ueberrest eines alten Waldes bedeckt, in dem die Bäume gewachsen sind, wie die Natur sie selbst geschaffen hat. Es ist der wildeste und üppigste gemischte Bestand, aus Tannen, Fichten und Buchen, den ich jemals gesehen.

Zweimal besuchte ich den Wurzelberg, am 6. August 1852 und am 15. Juli 1854. Derselbe, 2600 Pariser Fufs hoch, überragt die benachbarten Berge nur wenig, der ihm sehr nahe gelegene Farmdenkopf ist sogar noch etwas höher. Die Formation gehört den silurischen Bildungen der Grauwacke; am Wurzelberge bricht ein vorzüglich schöner Wetzschiefer. Von Katzhütte führen mehrere Wege hinauf, doch bedarf man eines kundigen

Führers. Der Weg erhebt sich ganz allmälig; durch schöne Fichtenwaldungen gelangt man unvermerkt, in einigen Stunden, bis zur Höhe, von der schon fernher alte, hochüberragende Tannen winken.

Auf der Spitze des Wurzelberges liegt ein fürstliches Jagdhaus von Küchen- und Stallgebäuden umgeben, welches etwa um das Jahr 1740 erbaut und bis zum Jahre 1788 zur Brunstzeit (vom 1. bis 10. October) vom schwarzburgischen Hofe besucht wurde. Im inneren Raume des hohen hölzernen, achteckigen Gebäudes, welches von acht Seitengemächern umgeben ist, hängen die Gedenktafeln der Zusammenkünfte, deren erste vom Jahre 1740, die letzte von 1788. Eine Windrose unter der Decke, mit dem Wetterhahn auf dem Dache verbunden, zeigte den um einen hufeisenförmigen Tisch versammelten Herren, die für die Jagd so wichtige Windesrichtung; auch zierten prächtige Geweihe vormals die Wände dieses schmucklosen Gebäudes, das jetzt verlassen dasteht, während das ehemalige Küchengebäude, von einem Holzhauer bewohnt, gegenwärtig zur Darre für Fichtenzapfen dient.

Ist schon das Jagdhaus des Wurzelberges ein Denkmal entflohener Zeiten, so reden die alten Tannen seiner Umgebung noch mehr von der Vergangenheit. Sie sind die Ueberreste eines Waldes, der vormals den Berg bedeckte und aus Tannen und Buchen, die nicht gepflanzt und nicht gehegt waren, bestand. Die Tanne hat, wie überall wo sie gedeihen kann, das Uebergewicht erhalten und unter ihrem Schutze erhält sich die Buche, welche für sich allein auf solcher Höhe selten angetroffen wird. Achtzig bis hundert der alten ursprünglichen Tannen mögen noch jetzt sowohl in Gruppen als auch vereinzelt den Wald hoch überragen. Der bis zur Höhe von 60—100 Fufs astlose Stamm dieser Bäume, den drei Männer kaum umspannen, breitet wie die Fittige eines fliegenden Vogels kuppelförmig seine Krone aus; seine weifse, zerrissene Rinde ist spärlich mit Moos oder Flechten bedeckt, während von den Aesten benachbarter Fichten, die wie Zwerge unter diesen Riesen stehen, Moospolster in fufslangen Lappen herunterhängen. — Zwei alte Tannen an der Westseite des Berges zeigen deutlich die Nachtheile der Beschattung für die Astbildung, indem nach der Seite hin, wo sich die Aeste beider Bäume berührten, beide Stämme bis zu einer bedeutenden Höhe astrein erscheinen, während die freien Seiten beider stark und ungleich tiefer herab beästet sind. Der eine dieser Bäume hat durch Nebenknospen in einer Höhe von 40 Fufs neue Aeste gebildet. (Der astreine Theil des Stammes dieser alten Tannen ist wie bei der Kiefer ohne Astnarben.)

Auf dem mit fruchtbarer Walderde bedeckten Boden gedeiht die Walderdbeere in ungewöhnlicher Gröfse und Ueppigkeit, Himbeersträuche und Heidelbeeren bedecken aufserdem den Grund und hohe Mooshügel überziehen die Stöcke vor grauer Zeit geschlagener Bäume. Hier und da faulen, ebenfalls von dickem Moos bedeckt, lange Säulen 6—8 Fufs dicker Stämme, die so morsch sind, dafs ein Fufstritt sie zerdrückt. Diese Trüm-

mer vormaliger Riesenbäume, Zeugen einer Zeit, wo das Holz noch sehr geringen Werth besafs und die Forstpflege gänzlich vernachlässigt wurde, sind mit jungem Fichtenanflug überdeckt. Auf allen Tannenstöcken, auf allen liegenden Stämmen keimt die Fichte. Wenn der Stock, dessen Verwesungsprodukte die Keimung des Fichtensamens eingeleitet, nach langen Jahren unter seinem Gast verfault, so stehen die Wurzeln der Fichte hohl und ihr Stamm ruht auf einem Unterbau säulenartiger Wurzeln; er gleicht einem Pandanus tropischer Küsten*). Die Menge der am Boden liegenden vermodernden Stämme, sowie der auf ihnen reitenden Fichten ist in der Umgebung des Wurzelberghauses noch so grofs, dafs man nach ihnen nicht zu suchen braucht. Die Nähe der Stöcke bei einander, sowie die Gruppen der noch stehenden alten Tannen aber zeugen für einen vormals enggeschlossenen Bestand, dessen dichtes Nadel- und Laubdach einen dunkelen Wald bedeckte. Die Buchen und die Fichten des jetzigen Waldes sind entschieden ungleich jünger als die grofsen Tannen und hat die Fichte sich wahrscheinlich erst angesiedelt, nachdem die alten Tannen mehr oder weniger gelichtet worden. Die Fichte hat hier vom Windbruch zu leiden und findet man schon deshalb keine den Tannen an Höhe entsprechende Stämme. Oft steht eine hohe alte Tanne ganz vereinsamt, nur von Unterholz umgeben.

Das Klima des Wurzelberges ist rauh; kalter Nebel lagerte am 6. August bis Mittag auf den Bergen, bis später die Sonne durchdrang und sich ein freundlicher Blick auf Thüringens Waldgebirge und in die weite Ferne hinaus bis zum Harz eröffnete; deutlich zeigte sich das Brockenhaus.

Entrindete Fichtenstämme und zerbissene junge Tannen deuteten auf einen starken Wildstand; seit dem Jahre 1848 aber sind die munteren Bewohner des Waldes verschwunden, kein stolzer Hirsch, kein scheues Reh erscheint vor den Blicken des Wanderers. Die Salzlecken und die Futterhäuser stehen vereinsamt, seitdem der Thiergarten, welcher sich vormals bis über den Wurzelberg hinaus erstreckte, jetzt auf die Umgebung von Schwarzburg beschränkt ist.

Die alten Tannen wachsen noch jetzt in die Dicke und überwallen erlittene Rindenverletzungen; die meisten Stämme sind gesund, nur wenige sind gipfeldürre. Sie stehen namentlich hinter dem Jagdhause, an der Morgenseite des Berges, dessen mitternächtliche Seite bereits durch Abhieb kahl und mit Wiesen bedeckt ist. Mit grofser Pietät schont man jetzt diese seltenen Bäume, die an Alter, Höhe und Umfang in Deutschland wohl nicht ihres Gleichen finden und hat der Förster Liepmann, unter dessen sorgsamer Obhut der Wurzelberg steht, in sinniger Weise die ältesten dieser Riesenbäume als lebende Denkmäler hervorragender Männer des Forstfaches verwendet und sie durch Tafeln mit dem Namen eines Cotta, Hartig, Pfeil u. s. w. geziert und auch dem Andenken A. v. Humboldt's eine Tanne gewidmet (Fig. 223).

*) Göppert beschreibt ganz ähnliche Verhältnisse im Grünwalder Thal, in der Grafschaft Glatz (Flora 1847).



Fig. 223. Zwei der alten Tannen auf dem Wurzelberge.

Die genauen, im Jahre 1837 vom Oberförster Schinzel zu Katzhütte unternommenen Vermessungen der vier stärksten Tannen des Wurzelberges, welche mir der Landjägermeister v. Holleben freundlich mitgetheilt, ergeben folgende Zahlen:

Tanne 1	(2 Fuſs über der Erde)	18 Fuſs	5 Zoll	Umfang und	145 Fuſs Höhe
» 2	» » » »	22 »	— »	» »	150 » »
» 3	» » » »	22 »	4 »	» »	150 » »
» 4	» » » »	26 »	10 »	» »	160 » »

Der cubische Inhalt dieser Bäume berechnet sich mit Annahme der Reductionszahl von 0,42. Für

Tanne 1	auf 1608 Cubikfuſs,	oder $22\frac{1}{4}$ Klafter	zu 72 Cubikfuſs berechnet.
» 2	» 2422 »	» $33\frac{1}{2}$ »	
» 3	» 2492 »	» $34\frac{2}{3}$ »	
» 4	» 3810 »	» $52\frac{11}{12}$ »	

Nach der Zählung der Jahresringe mehrerer gefällter Stämme läſst sich das Alter der Tannen des Wurzelberges auf 350—700 Jahre berechnen.

Auf dem Lindigforst, kaum eine Stunde vom Wurzelberg, steht der hohle, etwa 36 Fuſs hohe Stumpf einer ebenfalls uralten Tanne, die im Jahre 1849 durch den Sturm gebrochen wurde. Ihr hohler, von der Rinde entblöſster Stamm, von einem Holzdach bedeckt und mit einer Thür verschlossen, gleicht aus der Ferne einem Schilderhaus und dient als natürliche Hütte den Holzhauern und dem Forstschutzpersonal zum Zufluchtsort, der bis acht Personen aufzunehmen vermag; ihr Holz ist sehr maserig und von bedeutender Härte. (Diese Tanne hatte bei einem Umfang von 22 Fuſs 6 Zoll [18 Zoll über der Erde gemessen] eine Höhe von 150 Fuſs, ihr Holzgehalt betrug 2538 Cubikfuſs oder $35\frac{1}{5}$ Klaftern.)

Nach Ratzeburg steht im Hundsrück bei Birkenfeld eine Tanne von 150 Fuſs Höhe und 217 Zoll Umfang, deren Holzgehalt nach der fünften Königs'schen Vollholzigkeitsklasse auf 28, nach der vierten Klasse auf $25\frac{3}{5}$ Pr. Klafter berechnet ward. Bei Wembach am Odenwald soll ebenfalls eine Tanne von 140—150 Fuſs Höhe stehen; auch im Nesselgrund in Schlesien finden sich Tannen, deren eine ohne Wipfel und Aeste 25 Klafter Scheitholz lieferte. In dem Boronower Forst (zur Herrschaft Koschelin in Oberschlesien, an der polnischen Grenze) sollen um das Jahr 1812 noch viele Urwälder fast aus lauter Tannen bestanden haben; in der Waldung Burgen standen die alten Stämme so dicht, wie jetzt kaum ein 80jähriges Holz; man schätzte an einigen Orten den Waldmorgen auf 120 Klafter. Im Boonwalde bei Zofingen in der Schweiz soll unlängst eine Tanne geschlagen sein, welche über dem Stock 6 Fuſs Durchmesser und bei 100 Fuſs Länge noch 7 Fuſs Umfang hatte. Ein noch gröſserer Baum fiel im Frühjahre 1852 in der Schwendialp, beinahe 4000 Fuſs über dem Mittelmeer. Diese Weiſstanne maſs am Stock 21 Fuſs im Umfang und auf eine Länge von 100 Fuſs noch 8 Fuſs 6 Zoll im Umkreis*).

*) Berliner botanische Zeitung. 1853. S. 255.

Die Fichten des Wurzelberges sind sichtbar nicht so kräftig als die Tannen und Buchen, sie leiden vom Windbruch und von Borkenkäfern, Moos und Flechten bedecken Stamm und Zweige. Das Forstamt hat deshalb beschlossen, eine den natürlichen Verhältnissen des Berges entsprechende Waldung neu zu erziehen; die Fichten nach und nach zu schlagen, den Tannenanflug und die Buchensämlinge dagegen zu hegen und so den Wurzelberg mit einem gemischten Bestand junger Tannen und Buchen zu bewalden, welche unter dem Schutze ihrer Urväter sicherlich zum schönen Hochwald emporwachsen werden.— Die Tanne ist derjenige deutsche Nadelbaum, dessen junge Pflanzen am meisten vertragen, die lange unterdrückt sein können und sich später doch erheben, dessen alte Bäume feststehen und sich vor keinem Windbruch fürchten, die den gröfsten Holzzuwachs und das höchste Alter (bis 700 Jahr und darüber) erreicht; allein sie verlangt einen geeigneten Boden und ist dazu der Baum des Gebirges.

Auf dem Rückwege nach Katzhütte sah ich die Verheerungen des Windbruches in den Fichtenwäldern; Reihen der gröfsten Bäume lagen neben flachen Erdgruben, indem die kaum 2—3 Fufs tief gehenden Wurzeln beim Fallen das Erdreich „als Käse“ mit emporgerissen hatten. Furchtbar mufs der Sturm in solcher Waldung hausen. Auch der Schneebruch, der die jungen Bestände befällt und deren Bäume zusammendrückt, ist hier nicht selten. Er erscheint häufiger in der Mitte des Bestandes, während der Windbruch von der freien Seite der älteren Bestände ausgeht und die Bäume reihenweise nach der Windesrichtung niederlegt. Der Duftbruch endlich ist dem Schneebruch verwandt, indem sich Reif an die Aeste und Zweige der Fichte und Tanne hängt, dessen Last die Aeste und die jungen Bäume erdrückt. Der Duftbruch zeigt sich namentlich an der Mittagsseite der Waldränder, weil hier der Schnee leichter schmilzt und dann von neuem gefriert, so dafs lange Eistropfen von den Aesten hängen. Die Fichte ist dem Schnee- und Duftbruch mehr als die Tanne unterworfen.

Auf dem benachbarten Lindigforst ist ein uralter gemischter Bestand von Tannen und Fichten, in welchem der letztere Baum vorherrscht und in Exemplaren vertreten ist, welche dem Stellerwalde nichts nachgeben (S. 326). Der Grund gleicht hier einem Kirchhof voll moosbedeckter Grabeshügel, die entweder als lange Reihen alte Stämme decken, oder kuppelförmig die alten Stöcke bergen, während die Leichen unter ihnen vielfach verschwunden sind und das Leichentuch der grünen Moosdecke sich gesenkt hat. Trockenes Reisig und junge gebrochene Stämme liegen überall zerstreut, weil für die Holzleser der Bestand zu fern, dem Staate aber aus gleichem Grunde die Durchforstung zu kostspielig wird; daher der Urzustand dieser ausgedehnten sehenswerthen Waldung.

Aber zum Leben des Waldes gehören auch dessen Thiere — Hirsche, Rehe und Schweine werden immer seltener; der Bär, der Luchs und der Wolf, welche vormals in Deutschlands Wäldern hausten, sind verschwunden, ein Biberbau gehört zu den gröſsten Seltenheiten. — Das Wild schadet den jungen Bäumen sehr, es friſst die Keimpflanzen, es verbeiſst die jungen Bäume, namentlich die Tannen und schält im Winter die Rinde der jüngeren Bäume bis zum Splint und verdirbt deshalb die jungen Bestände; ein zu starker Wildstand ist dem Walde selbst nachtheilig. — Mancher Jäger hält das Rindenschälen des Hochwildes für eine übele Angewohnheit. Man findet es auf einigen Waldbeständen und auf anderen ist es nicht bekannt; wenn Hochwild aus dem einen Bestand in den anderen kommt, so sollen die Gefährten von ihm diese übele Sitte lernen. Noch andere Forstleute halten das Rindenschälen für eine vom Menschen erlernte Angewohnheit des Wildes. Seitdem man die gefällten Stämme im Frühjahr augenblicklich schält, hat das Wild die jungen saftigen Theile der Rinde kennen gelernt und schält jetzt selbst am stehenden Stamme.

Das Eichhörnchen, welches von einem Zweig zum andern springt, der Specht, welcher am Stamme klettert und in der Rinde, mit dem Schnabel pochend, nach Insecten sucht, die Eule, die Waldtaube, sowie das Heer der Singvögel beleben den Wald. Der Ruf des Auerhahns und der Birkhühner schallen weithin; aber beide sind schon selten geworden. Ein Raubvogel schwebt hoch in der Luft, nach Beute suchend, während an der Erde geschäftige Ameisen ihrem Bau zueilen und aus dem hohlen Stamm ein Schwarm von Bienen fliegt. — Viele dieser Thiere sind dem Walde nützlich, andere sind ihm schädlich; erstere hegt der Forstmann und letztere sucht er zu vertilgen (S. 316).

Die Jagd und der Vogelfang sind die Hauptbelustigungen im Walde, doch ist die erstere durch eine übermäſsige Verminderung des Wildstandes in der letzten Zeit sehr beschränkt worden; der Jäger schont deshalb das Hochwild, um dessen Wiedervermehrung möglichst zu befördern und muſs der Vogelfang darum die Jagdlust vielfach ersetzen.

So sehen wir den gefesselten Uhu auf dem Dache der Rabenhütte sitzen, während auf den Krakeln (entrindeten Baumstämmen) in seiner Umgebung sich die Vögel sammeln, um mit wüthendem Geschrei ihren Feind zu verhöhnen, während der versteckte Jäger aus der Schieſsscharte der Hütte einen Vogel nach dem anderen von der Krakel schieſst. Der Knall, sowie das Stürzen ihrer Kameraden verscheucht die Thiere nicht, die wie gebannt und immer lauter schreiend, auf den dürren Aesten verharren, bis ein Streifschuſs einen Vogel schwach verletzt und er davonfliegt, von der ganzen Schaar gefolgt. — An der Tränke dagegen plätschert das Wasser, die Lockvögel pfeifen, das Garn ist aufgestellt und der Vogelsteller sitzt in seinem Häuschen, wo an der Wand die Flinte lehnt, deren Ladung für den Raubvogel bestimmt ist, welchen die Besucher seiner Netze gleichfalls heranlocken. Die durstenden Vögel kommen zur Tränke,

der Vogelsteller zieht sein Netz, die Armen sind gefangen. — Am Vogelheerd, von weifsen Krakeln umstellt, birgt der vom Garn umzogene Raum die schönsten Vogelbeeren, die Lockvögel zwitschern auch hier und der Vogelsteller wartet auf den Fang. Der Herbst ist die Zeit der Tränken und der Vogelheerde.

»Wie wandert sich's durch einen Wald so traut,
Wenn nur die Wipfel noch von Sonne wissen,
Nur noch zuweilen eines Vogels Laut
Verhallt in ahnungsvollen Finsternissen.
Das Auge kann kein Thier des Wald's erkunden,
Ein Eichhorn nur erblickt ich in den Zweigen,
Es kam behend und still und ist verschwunden,
Die Einsamkeit des Waldes uns zu zeigen
Und doch hier lebt des Lebens welche Fülle!
Ein stummes Räthsel, das sich nie verrathen,
Die Pflanze ist sein Bild und seine Hülle,
Und allwärts grünen seine stillen Thaten.
Die Wurzel holt aus selbstgegrabenen Schachten
Das Maas des Stamms und treibt es himmelwärts.
Ein rastlos Drängen, Schaffen, Schwellen, Trachten
In allen Adern; doch wo bleibt das Herz?«

(Lenau.)

Schon unsere Wälder sind grofsartig und mannigfaltig, die tropischen Waldungen aber bieten der Abwechselung noch mehr; ALEXANDER VON HUMBOLDT*) hat diese Wälder meisterhaft beschrieben; v. MARTIUS, PÖPPIG, RICHARD SCHOMBURGK, BURMEISTER, BARTH und andere Reisende haben uns desgleichen in dieselben eingeführt. Mir ist es nicht vergönnt gewesen, den eigentlichen Tropenwald zu sehen, ich habe deshalb in der ersten Ausgabe dieses Buches einige Schilderungen nach TRÉMAUX über die Urwälder des mittleren Afrika, am blauen Flusse, gegeben; dagegen ist mir später der subtropische Wald durch einen zweijährigen Aufenthalt auf Madeira und Tenerife (1855—1857) hinreichend bekannt geworden.

Der Wald südlicher Breiten hat kaum einen Baum, der unseren Wäldern angehört. Schon auf Madeira kommen angepflanzt von unseren Bäumen nur die Platane (Platanus occidentalis) und die Eiche (Quercus pedunculata) fort; aber beide erscheinen niemals im Walde, auch bleibt die Eiche krüppelhaft, trägt bis zum December grünes Laub und ist schon Anfang Februar von neuem grün; sie blüht in demselben Monat. Die Kastanie (Castanea vesca) ist der einzige deutsche Waldbaum, der auch dem Süden eigen ist und dort erst seine volle Kraft entwickelt. Viele Ortschaften der Nordseite Madeira's (Saõ Vincente und Boa ventura) gleichen durch ihn aus der Ferne einem Kastanienwalde, der die bescheidenen

*) ALEXANDER V. HUMBOLDT, Ansichten der Natur. Bd. 1 u. 2.

Hütten portugiesischer Bauern versteckt. Der wahrscheinlich eingeführte Baum erreicht hier eine ungeheuere Gröſse, Stämme von 32—36 Fuſs im Umfang sind nicht selten. Sie dienen, hohl geworden, als Ochsenställe (auf Tenerife), ihr Laub ernährt Kühe und Ziegen und ihre Früchte sind zur Herbstzeit die Hauptnahrung der Menschen. Und doch ist die Kastanie kein eigentlicher Waldbaum dieser Inseln, er bleibt vielmehr innerhalb der bewohnten Region und verliert sich nicht bis zum eigentlichen Walde. Dieser aber erscheint erst, wo das Culturland aufhört, demnach in einer Höhe von etwa 3000 Fuſs über dem Meere und geht nur in den tiefen, schattigen und feuchten Schluchten bis ans Gestade hinab.

Das Unterholz bildet bei weitem den gröſseren Theil der subtropischen Wälder, es bedeckt oft meilenweite Strecken und ist fast undurchdringlich. Die Pflanzen, welche es bilden, sind baumartige Repräsentanten derselben Gattungen, welche auch wir als kleine Sträucher kennen. So ist das Wachskraut unserer Moore (Myrica Gale), ein unbedeutender Strauch, durch Myrica Faya vertreten, welche bis 40 Fuſs hohe Stämme bildet; unsere Stechpalme (Ilex aquifolium) aber hat drei baumartige Gevattern (I. Perado, I. canariensis und I. platiphylla). Dann ist auf Madeira unsere Heidelbeere durch das Vaccinium padifolium, welches über 30 Fuſs hoch wird und dicke knorrige Stämme entwickelt, unsere Pyrola aber durch Clethra arborea ersetzt, die einen hochstämmigen, bis 40 Fuſs hohen Baum mit mäſsiger Krone bildet, von dem im Sommer lange, weiſse und duftende Blüthentrauben herunterhängen und endlich bietet die Erica arborea, mit der kleineren, mehr die untere Region liebenden E. scoparia Ersatz für unser Haidekraut, wobei die erstere auf beiden Inselgruppen entschieden der Masse nach am häufigsten vertreten ist, ja auf Madeira stellenweise allein das Unterholz bildet und über 40 Fuſs Höhe erreicht, während ihr Stamm bisweilen 6 Fuſs im Umfang gewinnt. Als Vorläufer dieser Waldungen können auf Madeira unser Pfriemenkraut (Spartium Scoparium) und unser Heckensame (Ulex europaeus) gelten, die beide hier, und zwar selten mit einander, weite Flächen bedecken, auch wohl an den Wegen vorkommen, aber kaum mit den anderen Pflanzen gesellig auftreten. Die Hochebene des Paül da Serra auf Madeira (5000 Fuſs über dem Meere) aber ist mehrere Meilen weit wiesenartig mit einem Farnkraut (Pteris aquilina) bedeckt, dessen Höhe nach der Oertlichkeit zwischen 2—5 Fuſs schwankt und eine gleichsam glatt geschorene, dichte, grüne Fläche bildet, so daſs die langen Wedel auf den schmalen Reitwegen nicht selten über dem Kopf des Pferdes zusammenschlagen. Dagegen fehlt geselliger Graswuchs auf den Inseln gänzlich, nirgends sieht man Wiesen, nur in Camacha (einem 2000 Fuſs über dem Meere an der Südseite Madeiras gelegenen Dorfe) wird alljährlich Heu geerntet.

Einzeln ragen auch auf den frei gelegenen Höhen mächtige Lorbeerbäume über das hohe Unterholz hervor, doch erscheinen sie niemals gesellig, auch nicht von der Gröſse, als in den feuchten, schattigen Schluchten,

in welchen das Unterholz mehr oder weniger zurücktritt und Farnkräuter mancherlei Art mit 6—11 Fufs langen Wedeln seine Stelle ersetzen. In diesen Schluchten, wo wilde Bergwässer zahllose Wasserfälle bilden und von den basaltischen mauerartig aufsteigenden Felsenwänden der Wasserstaub als Silberstreifen oft 3000 Fufs herunterfällt, erscheint der eigentliche Hochwald, aus 4 Lorbeerarten (dem Til [Oreodaphne foetens], dem Vinhatico [Persea indica], dem Louro [Laurus canariensis] und der Barbusana [Laurus barbusana]), desgleichen aus dem Aderno (Ardisia excelsa) gebildet, zu denen sich auf Tenerife die Prunus lusitanica und als seltenere Bäume die Visnea mocanera*) und Myrsine canariensis gesellen. Unser Taxus und eine Wachholderart (Juniperus Cedrus), dort Ceder genannt, erscheint vereinzelt in diesen Wäldern. — Während auf Madeira nur Laubholz, bildet auf den Canaren die Kiefer (Pinus canariensis) in den höheren Regionen den schönsten Nadelwald. Sehr schön läfst sich auf beiden Inselgruppen der Uebergang des Unterholzes zum Mittelwalde und von diesem zum Hochwalde, wenn ich so sagen darf, verfolgen.

Das Unterholz beherrscht die Region, wo das Culturland aufhört, geht aber in freier Lage nicht unter 2000 Fufs über die Meeresfläche hinab, der Mittelwald erscheint am Rande und am Eingange der Schluchten und der Hochwald nur im Innern der Schlucht selbst. Hier erreicht der Til (Oreodaphne foetens), in seiner unregelmäfsigen Astbildung und dichten Belaubung der Eiche vergleichbar, oft eine ungeheuere Gröfse; so stehen auf der Achado do Iudeo an der Nordseite von Madeira zwei alte Til's, von mehr als 100 Fufs Höhe und 38—42 Fufs Stammumfang (Fig. 224), desgleichen bildet der Vinhatico (Persea indica) mit viel gröfseren Blättern mächtige Stämme, welche meistens als Stockausschlag einem uralten, mit Moos und Farnkräutern bewachsenen Stumpf entsprossen. (Im Walde von Agua Garcia und Agua Mercedes auf Tenerife). Auch der Lauro (Laurus canariensis) wächst in diesen Schluchten zum schönen Baum heran, dessen alte Stämme durch Luftwurzeln eigenthümlicher Art, die wie braune Schwämme aus seiner Rinde brechen und in der trockenen Jahreszeit verdorren, behängt sind. Die Barbusana (Laurus barbusana) bleibt dagegen kleiner und erscheint viel seltener. Der Aderno (Ardisia excelsa) bildet einen schönen, sehr hochstämmigen Baum und die Prunus lusitanica dürfte in der Tracht wohl unserer Buche verglichen werden; in einem Theile des Waldes von Agua Mercedes auf Tenerife bildet sie allein einen dichten Hochwald. Wie nun unsere roth und weifs blühende krautartige Digitalis den Hochwald begleitet und auf den Schlägen und lichteren Stellen im Gebirge niemals fehlt, so erscheinen auch hier im Hoch- und Mittelwalde, aber freilich seltener, baumartige Digitalis-Arten und zwar für Madeira die prachtvolle Isoplexis sceptrum, deren bis 25 Fufs hoher und oft 4 Zoll starker holziger Stamm an den Felsen klettert und unter einem Büschel

*) Die Visnea ist auf Madeira nur in der Gegend von Seixal gefunden worden.

grofser grüner Blätter eine fufslange dichte Blüthenähre gelber Blumen trägt und so eine Zierde des Waldes bildet. (In der Serra do Norte, am Rabaçal und am Ribeiro frio.) Dieselben schattigen und feuchten Schluchten bewohnt auch die Euphorbia mellifera als 30 Fufs hoher Baum und zwar in der Regel gesellig (Serra do norte, Serra do Fanal auf Madeira).

Fig. 224.



Der subtropische Wald dieser Inseln unterscheidet sich durch die Mannigfaltigkeit der baumartigen, immergrünen Pflanzen wesentlich von unseren Wäldern, er ist dazu im Urzustande, wird nicht gehegt und nicht durchforstet, Bäume jeglichen Alters und der verschiedensten Art wachsen neben und zwischen einander, gefallene Stämme modern im Walde, Brombeeren kriechen am Boden und Smilax-Arten klettern mit Convolvulaceen

Fig. 224. Einer der beiden alten Til's von der Achada do Indeo.

an den Bäumen empor. Selten klingt die Holzaxt, niemals aber begegnet man dem Ochsengespann, das auf den Waldwegen unserer Heimath holzbeladen zu den Dörfern fährt, wohl aber trägt der Holzsammler, wie bei uns, das Reisigbündel auf dem Kopfe. Statt des Wildes scheuchen wir wohl hier und da verwilderte Kaninchen auf, die mit Waldtauben und anderen Vögeln diese friedlichen Wälder bewohnen.

Wenn man den Pico de Teyde besucht, und wer möchte wohl diesen Bergesriesen des atlantischen Weltmeeres, dessen zuckerhutgeformte Spitze schon von fern dem Schiffer entgegenwinkt, unbesucht lassen, so bilden sich mit der Höhe, und zwar allmälig in einander übergehend, verschiedene Vegetationszonen. Bis etwa 1000 Fuſs über dem Meere begleitet uns die tropische Vegetation, mit ihren Drachenbäumen, Dattelpalmen, Bananen und Agaven (Agave americana). Auch die wunderlich gestaltete, oftmals baumartige Opuntia (Opuntia Ficus indica), auf den Canaren zur Cochenillezucht von groſser Wichtigkeit und felderweise gepflanzt, gehört mit dem Orangenbaum, der Guava (Psidium pyriferum) und der Anona (Anona squamosa) dieser Zone. Selbst der Oelbaum, der Feigenbaum und die Tamariske (Tamarix canariensis) gehen nicht viel höher; die Kastanie dagegen, steigt mit dem selten gewordenen Erdbeerbaum (Arbutus canariensis), dessen rostbrauner glatter Stamm, dem der Guava ähnlich ist und wie dieser alljährlich seine Rinde schält, bis 3000 Fuſs und darüber, wo das Unterholz beginnt und allmälig in einen Mittelwald übergeht, dessen Oberständer bis 3000 Fuſs über dem Meere aus Lorbeerbäumen bestehen, unter welche sich allmälig die canarische Kiefer mischt und mehr und mehr die Ueberhand gewinnend, zuletzt den Lorbeerwald verdrängt. In einer Höhe von etwa 4000 Fuſs bildet sie den schönsten Nadelwald, den ich jemals gesehen. Die Kiefern stehen nirgends dicht, es ist kein eigentlich geschlossener Bestand; das hohe Unterholz aus Erica arborea, Myrica Faya, Ilex Perado und I. canariensis ist dafür um so dichter. Die Erica war (im Mai 1857) mit weiſsen Blüthen überdeckt und der bis 5 Fuſs hohe Asphodelus ramosissimus, in der unteren Region längst verblüht, öffnete hier seine sternförmigen Blüthen, dagegen fehlten die prächtigen Cistus-Rosen, welche vorher den Lorbeerwald zierten. Die Kiefern, meist von hohem Alter nnd sehr bedeutender Stammhöhe (120—180 Fuſs), sind bis zum Unterholz hinab beästet, der Stamm wird häufig von drei Männern nicht umspannt; die Krone der ganz alten Bäume ist kuppelförmig, wie die alte Tanne, gleicht aber im jüngeren Zustande mehr der Fichte. Die Nadeln, zu drei aus einer Scheide, sind im Gebirge etwa ½ Fuſs lang, werden aber in der Niederung, wo der Baum weniger in die Höhe wächst und seine Krone der Pinie ähnlich ausbreitet, ungleich länger (bis über 1 Fuſs). Die herabhängenden Zapfen sind bis ¾ Fuſs lang und holzig. Junge Kiefern wachsen im Unterholz versteckt und Bäume jeder Altersklasse stehen zwischen ihren Urgroſsvätern, was mit der Abnahme des Unterholzes in der höheren Region immer deutlicher hervortritt. Ueber 5000 Fuſs geht

nur noch die Erica, bis 6000 Fuſs aber nehmen auch die Kiefern, welche hier allein den Grund bedecken, ab, ihr Stamm bleibt niedriger und dünner und ihre Nadeln werden kürzer. Der nackte Grund ist jetzt mit weiſslich gelbem Bimstein überdeckt, auf dem nur hier und da ein weiſs blühender Busch des Escobon (Cytisus proliferus) und etwas höher die Retama blanca (der Cytisus nubigenus) erscheint, die, wenn die Kiefern aufhören, als kugeliger, vereinzelt stehender Busch insbesondere an der südlichen Seite reichlich vertreten ist, an der Nordseite aber sparsamer vorkommt und bei etwa 9000 Fuſs die Vegetationsgrenze des Picks bildet. — Der Pick von Tenerife, welcher Alexander von Humboldt die erste Anregung zur Begründung eines ganz neuen und wichtigen Zweiges der Erdkunde, zur Pflanzengeographie nämlich, gegeben, ist wirklich sehr geeignet, die Abhängigkeit bestimmter Pflanzenformen von den klimatischen Verhältnissen darzulegen, indem man sich hier von etwa 1000 zu 1000 Fuſs in einem anderen Klima und in einer anderen Vegetation bewegt, so daſs in der unteren Region die Tropenpflanzen, in der zweiten die Lorbeerbäume, in der dritten die Kiefer und in der vierten die Retama vorherrschen, während in der letzten Region fast aller Pflanzenwuchs aufhört*). — Gran Canaria hat schöne Kiefernwälder, die in einer Höhe von 5000—6000 Fuſs dominiren, tiefer erscheint derselbe Baum auch hier nicht mehr als Bestand, sondern vereinzelt und mit anderem Wuchs. Der Lorbeerwald geht auf Madeira, wo die Nadelwälder fehlen, bis 5000 Fuſs und etwas darüber. In den unteren Regionen der Südseite sind Pinien (Pinus Pinea) und eine andere Kiefernart (Pinus Pinaster) angepflanzt.

Aber auch die nicht bewaldeten und, wie ich vermuthe, niemals bewaldet gewesenen Theile der canarischen Inseln, z. B. das Vorland von Tenerife mit seinen zackigen Barancos (Felsschluchten), desgleichen das wellenförmige Vorland von Gran Canaria sind von wunderlichen baum- oder strauchartigen Pflanzen bewohnt, unter denen die Euphorbia canariensis, die als scheinbar blattloses Gewächs mit kantigen Säulenstämmen auf den Felsen lagert, besonders zu erwähnen ist (Fig. 225). Niemals gesellig auftretend, bildet dieselbe in gröſseren Abständen von einander dichte Säulengruppen, welche, wie es scheint, immer aus einer einzigen Pflanze bestehen, deren Hauptstamm dicht am Boden zahlreiche Zweige ausschickt, die mit ihm kerzengerade emporwachsen und ihrerseits wieder reichlich Zweige bilden, so daſs Gruppen von 20 Fuſs Durchmesser und 10—12 Fuſs Höhe nicht zu den Seltenheiten gehören. Als grüne Flecken erblickt man diese Euphorbia-Büsche schon aus der Ferne auf dem dunkelen Gestein, und liefern dieselben, bei dem Holzmangel der Gegend das Brennholz, an dessen Feuer die Inselbewohner ihre Fische braten. Neben der Euphorbia canariensis wächst auf den Barancos ein anderer wunderbarer Baum, die

*) Der Pico de Teyde ist nach der neuesten Messung etwas über 13000 Fuſs hoch, der Schnee liegt nur bis Anfang Mai auf seiner Spitze.

Kleinia nereifolia, die zu den Compositen gehört und in den Wintermonaten gelbe Blüthenbüschel trägt, während die Euphorbia piscatoria und E. balsamifera mit entwickelten Blättern hohe Büsche bilden und die Opuntia ihre dicken Gliederäste über die wilden Gesteinsmassen erhebt. Von den genannten Euphorbien ist nur die letzte unschädlich, dagegen wird der weiſse, wie Rahm hervorquellende Milchsaft der anderen für sehr giftig gehalten. Mit frischen Zweigen der Euphorbia piscatoria fängt man, wie bei uns mit Cockelskörnern die Fische. Die canarische Euphorbia tödtet

Fig. 225.



man dagegen, um ihr Holz zu gewinnen, durch ein helles Flammenfeuer, das um die Gruppe angezündet, den Wachsüberzug, welcher die Zweige bedeckt, zum Schmelzen bringt, wodurch die Spaltöffnungen verstopft werden und die Pflanze abstirbt und allmälig vertrocknet. Die noch gröſsere Euphorbia, welche Trémaux auf dem Rücken des Urgebirges von Dar Foq gesehen, welche baumartig wächst und bis 8 Metres Höhe erreicht, kann

Fig. 225. Eine Gruppe der Euphorbia canar. auf den Barancos von Sta. Cruz.

nicht der Euphorbia canariensis angehören, weil sich diese immer dicht am Boden verzweigt.

Ist schon der subtropische Wald in seinen Bäumen und Sträuchern viel mannigfaltiger, als der Wald unserer Breiten, so wird der tropische Wald, nach dem einstimmigen Urtheil aller Reisenden, noch mehr durch den Artenreichthum seiner Bäume und Gesträuche charakterisirt. Er mufs schon deshalb ein ganz anderes Ansehen gewinnen; in den allgemeinen Verhältnissen bleibt er dagegen unseren Waldungen gleich; unter einem dicht belaubten Hochwald gedeiht auch in den Tropen kein Unterholz. Die Undurchdringlichkeit des eigentlichen Urwaldes aber wird, nach A. v. Humboldt, zum gröfsten Theil durch das letztere und viel weniger durch die rankenden Lianen hervorgerufen. Die gröfsere Kraft des Lichtes, dessen Strahlen unter den Tropen senkrechter fallen, befördert sicherlich zum Theil die üppigere Vegetation. Hohe und starke Bäume bilden dort einzelne Gruppen und ragen wie bei uns im Mittelwald über das Unterholz hervor, können aber bei lichter Belaubung dichter gestellt, sogar unter sich das Gedeihen eines Niederwaldes zulassen. So erreicht das Zweiggeflecht unter den hohen Bäumen, nach A. v. Humboldt's unvergleichlicher Schilderung*), an den Quellen des Orinoco oftmals eine solche Undurchdringlichkeit, dafs selbst der schwarze Jaguar (eine Tigerart) nicht mehr am Boden jagen kann, sondern, ein Schrecknifs der Affen, auf den Bäumen lebt.

---

*) A. v. Humboldt, Ansichten der Natur. Bd. I. S. 327. — H. Schacht, Madeira und Tenerife mit ihrer Vegetation. Berlin 1859.

XI.

Der Wald und seine Bedeutung.

Ob der Wald Bedeutung hat, kann keine Frage sein, denn wohin wir auch blicken, sehen wir Erzeugnisse des Waldes; unsere Wohnungen, unsere Geräthe, unsere Schiffe und unsere Eisenbahnen, ja sogar unsere Bergwerke könnten nicht sein, wenn der Wald nicht wäre. Des Winters Kälte würden wir erliegen, Nahrungsmittel, für uns erst durch des Feuers Macht genieſsbar, würden uns nichts nützen, die Kraft des Dampfes würden wir nicht kennen, durch sie nicht über Land und Meere fliegen, wenn es keine Wälder gäbe oder gegeben hätte.

Die Fortschritte der Cultur sind also an den Wald gebunden, und dennoch war die Cultur von jeher die gröſste Feindin des Waldes und ist es leider hier und da noch jetzt. Deutschland, vormals mit dichten Eichen- und Buchenwäldern überdeckt, ist jetzt nur noch strichweise mit schönen Waldungen versehen; nackte Berge oder wüste Ebenen erscheinen da, wo vormals dichte Wälder standen. Was nützt der Flugsand und was trägt die Haide? was könnte dagegen der Wald, den man vor grauer Zeit aus Unverstand oder Eigennutz geschlagen, nützen? Immer fühlbarer wird der Holzmangel, immer höher steigen die Holzpreise. Die Steinkohlen und die Braunkohlen wachsen nicht nach, die Torfdecke des Moores aber vermehrt sich nur langsam; mögen sie immerhin noch für Tausende von Jahren Brennstoff liefern, so wird auch diese Quelle seiner Zeit versiegen. Will man auf die Entdeckung neuer Lager warten, will man leichtsinnig die Gaben der Natur vernichten, so mag man ferner Wälder schlagen, ohne neue Waldungen heranzuziehen, wird aber damit Elend und Noth seinen Nachkommen bereiten und ihres Fluches gewärtig sein.

Die Waldungen sind mit dem Wohl der Menschheit eng verknüpft, denn von ihnen ist zum groſsen Theil das Klima und die geschützte Lage, desgleichen die Feuchtigkeit und Fruchtbarkeit des Bodens abhängig. In der Natur greift alles in einander und kreisen die Stoffe ohne Unterlaſs. Die Pflanze nimmt aus der Luft Kohlensäure und andere gas- und dunstförmige Producte, welche von den Thieren ausgeathmet, oder durch die Verwesung in Freiheit gesetzt werden, sie haucht dagegen Sauerstoff in die

Atmosphäre aus, der den Thieren zum Leben dient. Nun bietet der Baum mit seinen grünen Blättern und jungen Zweigen der Luft eine groſse aufnehmende und aushauchende Oberfläche entgegen, er bindet den Kohlenstoff der Kohlensäure, um aus ihm Holz, Stärkmehl u. s. w. zu bereiten. Der Wald entzieht deshalb der Luft durch seine ungleich gröſsere absorbirende Oberfläche ungleich mehr der genannten Gase, als die Wiese und das Kornfeld und giebt in gleichem Maſse auch mehr Sauerstoff an selbige zurück. Sein Einfluſs auf die chemische Zusammensetzung des Dunstkreises der Erde ist deshalb von groſser Bedeutung.

Der Laubwald wirft alljährlich seine Blätter ab und auch der Nadelbaum verliert dieselben nach bestimmten Jahren; diese aber geben dem Boden einen Theil der mineralischen Stoffe zurück, welche ihm die Wurzeln entzogen haben; die organischen Verbindungen der Blätter werden dazu für den Boden eine reiche Humusquelle und der Schatten der Belaubung erhält dem letzteren seine Feuchtigkeit, so daſs die Verwesung weiter arbeitet und sich von Jahr zu Jahr des Waldes Humusdecke mehrt.

Wasser ist das nothwendigste Lebensbedürfniſs aller Pflanzen und Thiere; ohne Wasser keine Diosmose und ohne diese kein Leben. Nun entzieht der Wald der Atmosphäre viel Wasser, haucht aber auch viel Wasser wieder aus. Bewaldete Gegenden haben in der Regel eine feuchte Atmosphäre, sie haben Regen und fruchtbaren Thau. Wie der Blitzableiter die Gewitterwolke, so zieht der Wald die Regenwolke zu sich herab und sie erquickt nicht ihn allein, kommt vielmehr auch den benachbarten Feldern zu Gute; in der Nähe des Laubwaldes findet man fast überall fruchtbares Ackerland*). Der Thau ist ein Niederschlag des in der Luft enthaltenen Wassers durch Abkühlung an der Erdoberfläche; wo er entstehen soll, da muſs deshalb die erstere mit Wasserdunst gesättigt sein. Nun kann der trockene Sand, der nackte Fels nur wenig oder gar kein Wasser geben, ihn kann deshalb kein Thau erfrischen. Der Wald dagegen, mit einer bedeutenden Verdunstungsoberfläche versehen, giebt seinem Boden und dem benachbarten Lande eine groſse Menge des erquickendsten Thaues. Am Boden des dichten Hochwaldes thaut es zwar weniger als auf der von ihm umkränzten Wiese, die am Tage durch die Sonnenstrahlen mehr erwärmt und in der Nacht durch Ausstrahlung mehr erkältet wird. Die mit Feuchtigkeit geschwängerten schweren Luftschichten über dem Walde senken sich dagegen am stillen kühlen Abend als Nebel in das Thal und der

*) Von dem berühmten Lorbeerbaum (Oreodaphne foetens?) auf Hierro (Ferro), welcher angeblich die Insel mit Trinkwasser versorgte, soll nach den alten Geschichtschreibern beständig das Wasser heruntergeträufelt und in Cisternen aufgefangen sein. Mit dem Seewinde (der Seebrise) soll an jedem Morgen eine Wolke gegen den Baum gezogen und über der mächtigen Krone desselben verblieben sein (Historia de la conquista de las siete islas de gran canaria por Juan de Abreu Galindo 1632. p. 47). Der Baum ist längst verschwunden und mit ihm auch das Andenken an denselben auf den Inseln untergegangen.

Thau perlt am Morgen auf der Wiese und auf den Pflanzen des Ackers. Wie an den Küstengegenden die Meeresdünste, so sorgen die Waldesdünste im Innenland für die Bewässerung des Bodens und durch dieselbe für dessen Fruchtbarkeit.

Die Mehrzahl der Flüsse entspringen bekanntlich auf bewaldeten Gebirgen und der Wald erhält durch sie einer Gegend seinen Wassergehalt, er sorgt für die Flüsse, indem er ihre Quellen ernährt, die ohne Bewaldung versiegen würden. Die ungeheueren, so wasserreichen Ströme Nordamerikas durchziehen den Urwald und sind durch ihn so wasserreich; ob sie es aber bleiben werden, wenn ihre Wälder verschwunden sind, ist mehr als fraglich. Zwar werden die Regenwolken durch den Wind auch über trockenen Sand getrieben, allein was hilft das Wasser diesem Sande, der es eben so schnell wieder abgiebt, als er es aufgenommen, da keine Pflanzen vorhanden sind, die es an sich fesseln könnten. Nur wenig Pflanzenarten können überhaupt auf trockenem Sand gedeihen, weil nur wenige im Stande sind, das Wasser lange festzuhalten. Die Cacteen und die sogenannten blattlosen Euphorbien sind fast die einzigen Bewohner tropischer Wüsten; unser Sandgras (Elymus arenarius) wächst auf dem Flugsand dürrer Haiden und wird schon hier, indem es durch seine Wurzelausbreitung den lockeren Sand befestigt, nützlich. Das Sandgras aber zeigt uns die Möglichkeit, auch Wüsteneien ganz allmälig mit einer neuen Pflanzendecke zu bekleiden.

Wenn sich im Winter Schnee und Eis auf dem Gebirge angehäuft, um vor der Sonne des Frühlings zu schmelzen, so schwellen plötzlich die Ströme; ein Bergstrom kommt zu dem andern, die Wassermasse mehrt sich und stürzt gewaltsam in das Thal hinab. Bedeckt dagegen Wald des Gebirges Grund, oder fliefsen die Ströme durch fruchtbares Land, so wird ein grofser Theil des schmelzenden Schnees, der auf den Bäumen oder unter ihnen liegt, von der lockeren Dammerde des Bodens aufgesogen und zurückgehalten, während er da, wo ihn der Boden nicht aufnimmt, die Wassermenge der Flüsse plötzlich vermehrt. Seitdem die Wälder verschwunden, oder über alle Gebühr gelichtet worden, sind deshalb die Ueberschwemmungen der Flüsse im Frühjahr furchtarer als je hervorgetreten. Die Schrecknisse der Rhone- und Weichsel-Ueberschwemmungen der letzten Jahre sind sicherlich zum Theil Folgen der Waldverminderung gewesen *).

Ein Bergrücken, eine Mauer und ein Wald schützen vor dem Winde. Der Windschutz des Hochwaldes ist in mancher flachen Gegend nicht ohne

---

*) In einem Bericht aus Calcutta (Aug. 22. 1856) wird der Times geschrieben: Der zunehmende Wassermangel der nordwestlichen Districte, das Verschwinden alter Quellen u. s. w. wird der Ausrottung alter Wälder zugeschrieben und es wiederholen sich in Indien dieselben Erscheinungen, welche man auch in Europa und namentlich in Frankreich beobachtet haben will (Cöln. Ztg. No. 281. 1856).

wohlthätigen Einfluſs, von ihm beschirmt, gedeiht der junge Wald und auch das Ackerland, er verhütet in den Küstengegenden die weitere Ausbreitung des Flugsandes und hemmt die nachtheilige Einwirkung austrocknender Winde.

Der wohlthätige Einfluſs des Waldes auf die Luftbeschaffenheit einer Gegend läſst sich überhaupt nicht mehr in Zweifel ziehen. Der Gesundheitszustand der Menschen und Thiere, desgleichen auch das Gedeihen der Pflanzen ist aber von der Luftbeschaffenheit einer Gegend abhängig; manche verheerende Krankheit, die wir vormals nicht kannten, hängt vielleicht mit einer Veränderung der Atmosphäre und diese zum Theil mit der Verminderung der Wälder zusammen *).

Die Fruchtbarkeit des Bodens steht, wie wir bereits gesehen, unter dem Einfluſs der Wälder, denn die Humusbildung, der Thau und der Regen werden mehr oder weniger durch sie begünstigt, die Ueberschwemmungen der Flüsse im Frühjahr werden durch sie beschränkt, die Schädlichkeit böser Winde wird durch sie gemildert und der Acker und die Wiese gedeihen deshalb ungleich besser. Die groſse Fruchtbarkeit gewisser tropischer Gegenden ist, wie ich für Madeira und die Canaren zeigen werde, zum groſsen Theil eine Folge hoch gelegener Wälder, durch welche die Flüsse auch zur trockenen Jahreszeit ihr Wasser behalten und durch Ueberrieselung den Acker erfrischen.

Wald und Ackerland können aber sehr wohl neben einander bestehen, denn wo der eine gedeiht, kann oft das andere nicht bestehen. An Bergeshängen gewisser Gesteinsformationen oder in zu groſser Höhe kann man mit Vortheil kein Ackerland, wohl aber Wald erziehen. Viele Höhen, welche jetzt kaum eine Spur der Vegetation bedeckt, waren vormals bewaldet. Mit dem Schatten und dem Schutz des Waldes schwand aber auch die Humusdecke des Bodens, die unter ihm entstanden war, und jeder Sturzregen verschlechterte, indem er die löslichen Nahrungsstoffe abwärts spülte, das Erdreich, auf dem zuletzt nichts mehr gedeihen wollte. Wäre man hier planmäſsig zu Werke gegangen, hätte man dem Walde gelassen, was des Waldes war, so würde man alle Vortheile desselben auch noch jetzt und in Zukunft genieſsen.

Wir können freilich des Ackerlandes so wenig als des Waldes entbehren, und es ist deshalb durchaus gerechtfertigt, den Wald zu schlagen,

---

*) M. A. Moreau de Jonnes beweist in einer Schrift „Untersuchungen über die Veränderungen durch die Ausrottung der Wälder u. s. w. übersetzt von W. Wiedemann, Tübingen 1828," den groſsen Einfluſs der Wälder auf die Atmosphäre. Der Wald verändert die Temperatur einer Gegend, er befördert die Häufigkeit des Regens, er schützt vor dem Winde, verbessert die Luft und fördert die Fruchtbarkeit des Bodens. Zahlreiche statistische Angaben unterstützen diese Behauptungen. — Desgl. Th. Döhner „über die verderblichen Folgen rücksichtsloser Zerstörung natürlicher Landeszustände." Leipzig 1851.

wo man des Ackerlandes bedarf und wo dasselbe wirklich gute Ernten liefern kann; aber diese Waldvertilgung sollte niemals weiter gehen, als wirklich nothwendig ist; es sollte niemals der augenblickliche Gewinn allein den Sturz eines Waldes bestimmen und niemals sollte man den Wald ausrotten, wo kein Korn gedeihen kann. Wenn man an einem solchen Orte schlägt, sollte man billiger Weise auch jederzeit an die Nachzucht eines neuen Waldes denken.

Die Wiese, das Kornfeld und das mit krautartigen Gewächsen bepflanzte Ackerland wirken, wie jede Pflanzendecke, auf dem Boden und die Atmosphäre; auch sie würden den Boden verbessern, wenn man nicht alljährlich erntete. Durch die Ernte aber werden dem Boden sowohl mineralische als organische Nahrungsmittel entführt, während dem Wald durch seinen Blätterfall organische Stoffe zugebracht werden; das Ackerland mufs gedüngt werden, der Wald aber düngt sich selbst. Auf die Veränderung der Atmosphäre wirken Wiese, Kornfeld und bepflanztes Ackerland zwar in ähnlicher Weise als der Wald, allein in geringerem Mafse, weil ihre aufnehmende und abscheidende Oberfläche ungleich kleiner ist. Das Kornfeld und das Ackerland kann deshalb nicht den Wald ersetzen, auch nicht dem Boden den Schatten gewähren und damit die Feuchtigkeit in gleichem Mafse wie der Wald zurückhalten, überhaupt die Stoffe nicht wie dieser in Umlauf setzen. Ein richtiges Verhältnifs zwischen Ackerland und Wald, den Boden- und den klimatischen Verhältnissen der Gegend angemessen, gehört deshalb zu den schwierigsten, aber grofsartigsten Aufgaben ächter Staatswirthschaft, von welcher das Gedeihen und der Wohlstand eines Landes mehr oder weniger abhängig ist.

Manche Gegend, die jetzt wüste liegt, mag auch früher wüst gewesen sein. Die Sahara hat, so lange der alles verdorrende Sirocco über sie dahin fegt und ihre Sandhügel ordnet, wohl keine Vegetation getragen; auch die drei Desertas der Madeiragruppe, desgleichen Lanzarote und Fuerta ventura, die beiden canarischen Inseln, welche dem Festlande von Afrika am nächsten liegen und kein höheres Gebirge besitzen, haben nach den historischen Ueberlieferungen niemals Wald gehabt, der überhaupt in diesen Breiten auf der den Sonnenstrahlen exponirten Ebene erst in einer Höhe von etwa 3000 Fufs über dem Meere beginnt. Andere Gegenden aber, die jetzt einer Wüste ähnlich sind, waren vormals bewaldet.

Nach Cäsar*) und anderen römischen Schriftstellern war Deutschland ehedem mit unermefslichen Waldungen bedeckt und nach Herodot und Thucydides läfst sich für Griechenland dasselbe annehmen. Spanien ist, nach Diodor**), in einer weiten Ausdehnung durch Waldbrand verheert worden. Noch unter römischer Herrschaft waren die südlichen Provinzen sehr holz-

*) Caesar de bello gallico. VII, 10. Tacitus de morum Germ. 28. 30. Plinius hist. nat. XVI. 1 etc.

**) Diodor. Sic. V, 35.

reich, während jetzt nur das Gebirge noch Waldungen, zumeist aus Unterholz und immergrünen Eichen (z. B. der Korkeiche) besitzt und kleine Pinienbestände zerstreut die Küsten zieren (am Ausfluſs des Guadalquivir). Oelbaumanpflanzungen und ein ziemlich dichtes Unterholz des Maulbeerbaumes und der Granate, welche, wie die Ländereien überhaupt, durch Paternoster-Werke berieselt werden, vertreten jetzt in Andalusien (um Sevilla) den längst verschwundenen Wald und dichte Hecken der Agave, die im Sommer ihren Blüthenschaft als hohen Candelaber treibt, begleiten die Wege. Das Land ist, die Fruchtbäume, Feigen und Orangen abgerechnet, sehr baumarm und im Innern zum groſsen Theil dürre Haide mit Lavendel und Rosmarin bekleidet.

Auch die Südseite Madeira's soll früher nach einigen portugiesischen Schriftstellern bis zum Meere hinab bewaldet gewesen sein. Ein Waldbrand, der drei, nach anderen gar sieben Jahre gedauert und vor dem angeblich die ersten Ansiedler auf ihre Schiffe flüchten muſsten, soll hier den Wald vernichtet haben. Allein diese Aussagen klingen märchenhaft und sind gewiſs nur mit Beschränkung richtig. Die freie Südseite der Insel ist sicherlich nur in den Schluchten bis zum Gestade des Meeres bewaldet gewesen, wie man derartige Schluchten noch jetzt an der Nordseite findet (am Ausfluſs des Ribeira da janella), ein groſser Theil der Südseite ist auſserdem noch jetzt von 3000 Fuſs über dem Meere ab bewaldet und an der Nordseite, deren höheres Gebirge überall ein dichter Wald bedeckt, geht ein niedriges Unterholz, aus kleinem Gestrüpp bestehend, noch jetzt viel tiefer zum Meere hinunter. In den bewaldeten Thälern der Insel regnet es auch im Sommer, während die waldlosen Theile der Südseite vom Mai bis zum October keinen Regen kennen. Die Flüsse, welche aus dem höheren und bewaldeten Gebirge kommen, versiegen niemals und werden durch künstliche Wasserleitungen (levadas) über die unteren Regionen der Insel geleitet, um in der trockenen Jahreszeit die Ländereien zu überrieseln. Vom September bis zum Juni ist das höhere Gebirge zur Tageszeit fast immer in Wolken gehüllt und selbst in den heiſsesten Sommermonaten erscheinen dieselben gar häufig. Auf Tenerife aber, das angeblich früher stark bewaldet gewesen und ein ausgedehntes Vorland besitzt, aus dessen Mitte das höhere, zum Theil noch bewaldete Gebirge emporsteigt, ist die Südseite im Sommer wie versengt, die gleichfalls waldarme Nordseite dagegen fruchtbar, weil sie dem bewaldeten Theil des Gebirges näher liegt und ihre Flüsse, wie auf Madeira, nicht versiegen. Fast alle Waldungen, welche hier in Schluchten liegen, haben, weil sie die Quellen nie versiegender Flüsse liefern, das Prädicat Agua erhalten (Agua Mercedes, Agua Esperanza, Agua Garcia, Agua Manza, Monte del Agua u. s. w.). Gran Canaria endlich, mit einem reichlich bewaldeten Hochgebirge hat nirgends Wassermangel, während Lanzarote und Fuerta ventura flache Inseln mit zahllosen kegelförmigen Kraterbergen, ganz ohne Wald, im Sommer keine Quellen besitzen und auf Cisternen angewiesen sind. Die canarischen Inseln sind

deshalb vorzugsweise geeignet, den Einflufs des Waldes auf die Feuchtigkeit der Atmosphäre zu beweisen.

Sogar im Thüringer Gebirge hat sich der Wald vermindert und steigen die Holzpreise; das Forstamt fällt deshalb nur so viel Holz, als durchaus nöthig ist, und sorgt für zweckmäfsigen Nachwuchs. Hütten- und Hämmerwerke, dort allein auf Holzfeuer angewiesen, verzehren viel und der Bergbau braucht gleichfalls nicht wenig; durch unzweckmäfsig eingerichtete Oefen und undichte, leicht gebaute Wohnungen wird überdies mehr Holz verbrannt, als bei zweckmäfsiger Einrichtung nöthig wäre. Waldfrevel mancher Art verschlimmern dazu noch das Uebel. So schwindet der Wald von Jahr zu Jahr und es ist hohe Zeit, ihm aufzuhelfen.

Aber wie soll man dem Walde helfen? — 1. Durch Pflege und Schonung, 2. durch zweckmäfsigen Nachwuchs und 3. durch Anlegung neuer Wälder.

Man sollte kein Holz schlagen, wo es nicht nöthig ist, d. h. nur dann, wenn man desselben bedarf und wenn es für die Waldung selbst zuträglich ist. Bäume, welche noch nicht auswüchsig sind, d. h. welche noch nicht die gröfste Höhe ihres Wachsthums erreicht haben, sollte man nur im höchsten Nothfall fällen, dagegen Bestände alter Bäume schlagen, sobald dieselben nicht mehr gehörig nachwachsen, weil die Menge des Holzes sich hier nicht wesentlich vermehrt und das Holz selbst sich nicht verbessert, dagegen derselbe Boden mit weit gröfserem Vortheil junge Bäume zu einem neuen Walde entwickeln könnte.

Wenn man Bäume schlägt, sollte man sogleich für ihre Nachzucht sorgen und niemals die kahl gewordene Fläche längere Zeit brach liegen lassen. Soll sie nicht wieder zu neuem Wald verwendet werden, so mufs sie sofort als Ackerland Verwerthung finden und wird, wenn Laubwald oder schattiger Nadelwald (Tannen und Fichten) auf ihr gestanden, durch den reichlichen Humusgehalt des Bodens gute Ernten geben.

Auf einem guten und geschützten Boden wird man ohne grofse Schwierigkeit einen neuen Wald heranziehen können; eine durch Abholzung oder sonstige Ursachen kahl gewordene, der Sonne und dem Winde längere Zeit preisgegebene Fläche wird dagegen schwierig, ja bisweilen gar nicht zu bewalden sein; und doch ist gerade die Bewaldung solcher Flächen für den Staat höchst wünschenswerth. Drei Schwierigkeiten sind es, welche sich hier einem jungen Holzwuchs entgegenstellen: 1. der gänzliche Mangel an Humus im Boden selbst und das Erfolglose einer Düngung bei abschüssigem Boden, weil jeder Sturzregen den mit Mühe hinaufgebrachten Dünger fortspült; 2. der gänzliche Mangel an Schatten im Sommer; junge Pflanzen, welche des Schattens bedürfen, können schon deshalb auf solchen Lagen niemals gedeihen; 3. der nachtheilige Einflufs kalter Winde, zumal im Herbst und Winter.

Die erste Schwierigkeit liefse sich nach der Bodenart vielleicht am besten durch Bepflanzung mit einer dem schlechten Boden angemessenen

gras- oder krautartigen Pflanze, welche vielfach Wurzeln treibt und durch selbige das Wegspülen des abschüssigen Bodens verhindert, beseitigen. Nachdem man solche Pflanzen, z. B. für Sandboden das Sandgras (Elymus arenarius) und andere genügsame Gräser mehrere Jahre hintereinander gesäet und untergeackert, dann vielleicht Lupine gebaut und wiederum untergepflügt hätte, würde sich der Boden wahrscheinlich durch das Wurzelgeflecht der auf ihm gewachsenen Pflanzen allmälig befestigt und durch den Gründünger wesentlich verbessert haben, und dürfte man jetzt Bäume zu pflanzen versuchen.

Die Kiefer, die Birke, die Espe und die Spitzerle vertragen viel Sonne, mit ihrem Anbau müſste man deshalb beginnen. Wenn durch sie ein Mittelwald entstanden, könnte man vielleicht in seinem Schatten andere Bäume, z. B. die Eiche, die Hainbuche u. s. w. versuchen.

Der Windschutz durch Erdwälle und Planken hat sich bei Anlegung neuer Waldungen nur selten ausreichend erwiesen; man muſs deshalb Bäume wählen, die sowohl Sonnenschein als rauhes Klima vertragen und ist die Kiefer dazu am geeignetsten, indem sie mit allem fürlieb nimmt und viele Unbilden vertragen kann.

Nicht Forstmann von Fach konnte ich für die Anzucht neuer Wälder nur wissenschaftliche Winke geben. — Was der Theorie nach zweckmäſsig erscheint, ist oftmals in der Praxis nicht ausführbar; die letztere aber muſs versuchen, was die Wissenschaft ihr vorschlägt. Oftmals wird der Versuch aufs herrlichste belohnt; nicht selten aber scheitert er, selbst wenn die Voraussetzungen richtig gewesen, an der unbequemen Ausführung oder an sonstigen Nebenumständen.

Jeder Versuch aber ist eine Frage und der Erfolg die Antwort auf dieselbe; war nun die Frage richtig gestellt, so wird auch die Antwort richtig ausfallen müssen. Die Natur antwortet gern, allein es ist nicht immer leicht, sie richtig zu befragen.

XII.

Die Gesetzmäfsigkeit in den Erscheinungen der Pflanzenwelt.

Wie kein Staat ohne Gesetze bestehen kann, so hat auch die Natur Gesetz und Ordnung. Die Pflanze und das Thier entsteht, wächst und lebt nach ganz bestimmter Regel.

Nun können die Naturgesetze nur durch Beobachtung und Vergleichung gefunden werden und sind deshalb zum Theil noch mangelhaft bekannt.

Allgemein gültig nennen wir dasjenige Gesetz, was für alle bekannte Fälle Geltung findet. Dahin gehören für Pflanzen und Thiere die Gesetze der Zellenbildung, ferner der Fortpflanzung auf geschlechtlichem, sowie auf ungeschlechtlichem Wege, desgleichen die Gesetze der Ernährung. Hier giebt es im Principe selbst keine Ausnahme.

Im Pflanzenreiche und, wie die Mehrzahl der jetzigen Zoologen annimmt, auch im Thierreiche kennt man keine Zellenbildung aufserhalb einer schon vorhandenen Zelle; neue Zellen entstehen immer nur im Innern einer Mutterzelle und zwar bei der Pflanze auf zweierlei Weise, entweder durch Theilung des ganzen Inhaltes der Mutterzelle in zwei, vier oder mehr (?) Portionen, deren jede zu einer Tochterzelle wird, während die Mutterzelle aufhört als Zelle zu leben; oder durch Bildung einer unbestimmten Anzahl neuer Zellen aus einem Theile des Inhaltes der Mutterzelle, in welchem Falle letztere noch länger fortleben kann. Die Zellenbildung durch Theilung ist die vorherrschende und die andere nur von beschränkter Verbreitung.

Die geschlechtliche Vermehrung oder der Zeugungsact erfolgt im Thier- und Pflanzenreich durch die directe Vermischung einer im weiblichen Organ gebildeten, aber unfertigen Zelle (der Befruchtungs- oder Protoplasmakugel bei den Pflanzen) mit einer im männlichen Apparat entstandenen Materie, welche bei den Thieren und den Kryptogamen bewegliche Formelemente (Samenfäden, Befruchtungskörper) enthält, deren eines oder mehrere in die weibliche Masse eindringen und in ihr aufgehen, wogegen im männlichen Apparat der Phanerogamen bis jetzt keine beweglichen Formelemente gefunden sind, vielmehr der Inhalt des

Pollenschlauches durch directe Vermischung mit der Protoplasmakugel des Keimkörperchens (Keimbläschens) die Befruchtung vollzieht, nach welcher die Protoplasmakugel zur ersten Zelle eines neuen Organismus wird.

Die ungeschlechtliche Vermehrung erfolgt dagegen bei den niedrigsten, noch stamm- und blattlosen Pflanzen durch Ablösung einzelner vegetativer Zellen, die zum neuen Pflanzenexemplar auswachsen; bei den mit einem Stamm und mit Blättern versehenen Gewächsen, denen noch die ausgebildeten Gefäſsbündel fehlen (den Laub- und Lebermoosen) dagegen durch Bildung eines aus vielen Zellen bestehenden Körpers, der sich erst als solcher von der Mutterpflanze ablöst und bei den mit Gefäſsbündeln begabten Gewächsen endlich nur durch Bildung wahrer Knospen, die sich meistens erst hoch entwickelt, von der Mutterpflanze trennen. — Nur bei den niederen Thieren ist eine ungeschlechtliche Vermehrung bekannt.

Die Ernährung erfolgt durch Aufnahme von Nahrungsmitteln und Verwerthung derselben zum Nutzen des Organismus, desgleichen durch Abscheidung der für letzteren nicht mehr brauchbaren Stoffe. Der Bau der Organe bestimmt hier die Weise der Aufnahme und der Abscheidung, worin das Thier von der Pflanze wesentlich verschieden ist. Die letztere, die nur aus Zellen besteht, kann auch nur durch die Wand dieser Zellen in Wasser gelöste oder gasförmige Stoffe aufnehmen und in derselben Weise ihre Secrete abgeben; sie kann desgleichen nur durch die Wand dieser Zellen, also durch Diosmose, die Saftcirculation unterhalten, für welche bei den höheren Gewächsen die Gefäſsbündel in bestimmter Weise thätig sind, indem im Holztheil (bei den Dicotyledonen) der Saft aufwärts, im Basttheil aber abwärts geht. Das Thier dagegen kann auch feste Nahrungsstoffe aufnehmen und feste Excremente wieder abscheiden; die Circulation des Blutes aber erfolgt bei ihm innerhalb offener, unter sich verbundener Canäle und wird durch ein Pumpwerk (das Herz) zum auf- und absteigenden Strome geregelt. — Die Ernährung selbst ist in beiden Reichen ein chemisch-physikalischer Proceſs, der unter dem Einfluſs des Gesammtorganismus und seiner einzelnen Organe steht.

Unter dem Einflusse dieser Fundamentalgesetze gelangen wir nun zu anderen Bildungsregeln, welche nur für bestimmte Hauptorgane der Pflanze Geltung haben und als welche ich die Wachsthumsgesetze des Stammes und der Wurzel, desgleichen das Bildungsgesetz für die Blüthen bezeichnen möchte.

Der Stamm wächst an seiner Spitze, weil hier der Heerd der Zellenbildung liegt und im Vegetationskegel fortdauernd neue Zellen entstehen, während sich unter demselben die nicht mehr der Vermehrung dienenden Zellen in der Längsrichtung des Stammes ausdehnen, bis sie das Ziel ihrer Verlängerung erreicht haben. Die Stengelglieder eines jungen Zweiges verlängern sich von unten nach oben und die Vorholzung in ihren Gefäſsbündeln erfolgt nach derselben Ordnung; ein Organ mit verholzten

Zellen aber kann sich nicht mehr verlängern. — Da nun der Vegetationskegel des Stammes seine jüngsten Zellen frei nach Aufsen trägt, so kann er als Seitenorgane Blätter erzeugen, die nach der Art ihrer Nervation in gesetzmäfsiger Weise ausgebildet werden. — Die Stammknospe ist die Anlage zum Stamm oder zum Zweige.

Die Wurzel dagegen, welche wie der Stamm an ihrer Spitze wächst, hat einen Vegetationskegel, dessen jüngste Zellen nicht frei an der Oberfläche liegen, sondern von mehreren oder vielen bereits abgestorbenen Zellenschichten (von der Wurzelhaube) bedeckt sind; sie kann deshalb keine Blätter erzeugen. Ihre älteren Theile verlängern sich, wie beim Stamme, nicht mehr. Die Wurzelknospe ist die Anlage zur Wurzel.

Stamm und Wurzel wachsen im Umfange durch eine ringförmige Bildungszone zwischen Holz und Rinde (durch den Verdickungsring). Sobald derselbe unthätig wird, hört die Verdickung auf (in der Wurzel der Kryptogamen und der meisten Monocotyledonen, deren Stamm gleichfalls, mit wenigen Ausnahmen, ein beschränktes Dickenwachsthum zeigt). Selbst die Senkwurzeln der Mistel im Holz der Nährpflanze, welche nach dem allgemeinen Wachsthumsgesetz der Wurzel an ihrer Spitze wachsen müfsten, verlängern sich, weil sie mit ihrer Basis im Verdickungsringe der Nährpflanze liegen, an dieser Stelle und wachsen deshalb mit dem Holzring der letzteren (S. 319). — Das Auftreten einer horizontalen Bildungszone unter der Stamm- und Wurzelspitze bedingt also das Längswachsthum, und die Gegenwart einer senkrechten, kreisförmigen Bildungsschicht zwischen Holz und Rinde veranlafst das Dickenwachsthum des Stammes und der Wurzel.

Wie aus der Stammknospe ein Zweig, so kann aber aus ihr auch eine Blüthe werden, bei deren Ausbildung sich die Blattorgane als Kelchblätter, Blumenblätter, Staubblätter und Fruchtblätter betheiligen können, während der Stammtheil in der einen oder anderen Weise bei der Bildung des Fruchtknotens Verwerthung findet und in der Höhle des letzteren Stammknospen entstehen, die sich als Samenknospen ausbilden. Die Staubblätter entwickeln als männliche Organe den Blüthenstaub; der Fruchtknoten aber wird zur Frucht und die befruchteten Samenknospen in ihm werden zu Samen, deren Keim eine neue Pflanze erzeugt.

Wieder abhängig von diesen für die Hauptorgane geltenden allgemeinen Wachsthumsgesetzen sind die Bildungsregeln für die morphologischen Verhältnisse bestimmter Theile der Gewächse, die entweder innerhalb begrenzten Familien und Gattungen, oder nur für gewisse Arten Geltung haben und auf deren vergleichendes Studium sich die systematischen Eintheilungen in Gruppen, Familien u. s. w. stützen. Auch die physiologischen Eigenthümlichkeiten bestimmter Gewächse gehören unter diese Abtheilung, die oft nach dem anatomischen Bau und nach der chemischen Beschaffenheit nur für gewisse Arten mafsgebend sind.

Für die morphologischen Gesetze nun sind die Zahlenverhältnisse, z. B. in der Blüthe, am wenigsten sicher, indem gar nicht selten Ausnahmen

von der allgemeinen Regel vorkommen. Diese Bestimmungen sind demnach nicht so bindend als die Gesetze der ersten und zweiten Ordnung, weil sie von gewissen anatomischen und physikalischen Ursachen, demnach von einer Menge einzelner Factoren, die auf einander Einfluſs üben, abhängig sind. Auch das physiologische Verhalten erleidet aus demselben Grunde hier und da Ausnahmen; so kann eine Pflanze, die nach der Regel einen zweijährigen Wachsthumscyclus besitzt (die Runkelrübe und die Cichorie), schon im ersten Jahre zur Blüthen- und Fruchtbildung gelangen; sie kann sogar krankhaft in denselben Organen andere chemische Stoffe erzeugen, als sie normal zu bilden berufen ist (bei einer Krankheitserscheinung der Zuckerrübe, wo statt des Zuckers Stärkmehl erscheint). Innerhalb gewisser Grenzen sind aber auch diese Gesetze constant.

„Nichts geschieht also in der Natur, das ihren allgemeinen Gesetzen widerstritte, aber auch nichts, das nicht mit denselben übereinstimmte, oder aus ihnen folgte. Denn Alles, was geschieht, geschieht durch Gottes Willen und ewigen Beschluſs, d. h. Alles, was geschieht, geschieht nach Gesetzen und Regeln, die eine ewige Nothwendigkeit und Wahrheit involviren, ob sie uns gleich nicht alle bekannt sind*).“

---

*) Spinoza, Theologisch-politischer Tractat. Auerbachs Uebersetzung II. S. 172.

ANHANG.

Schlüssel

zur mikroskopischen Bestimmung der wichtigeren im Text angeführten Holzarten*).

I. Keine Gefäſse.

Die Nadelhölzer (Ephedra und Gnetum ausgenommen).

A. Keine Harzgänge und keine Harzzellen im Holz. Abies.

B. Harzgänge im Holz.

a) Markstrahlzellen ohne groſse Tüpfel und ohne zackige Verdickung.

α) Gruppen cubischer verholzter Zellen in der älteren Rinde. Picea.

β) Vereinzelt lange verholzte Zellen in d. älteren Rinde. Larix.

b) Markstrahlzellen mit groſsen Tüpfeln und zackiger Verdickung. Pinus**).

C. Harzzellen im Holz; die Rinde mit einzelligen, den Stamm umfassenden Reihen verholzter Bastzellen.

a) Holzzellen mit Spiralband. Taxus.

b) Holzzellen ohne Spiralband. Cupressus, Juniperus.

II. Gefäſse vorhanden.

Die Laubhölzer.

A. Markstrahlen einerlei Art; einreihig. (Holzparenchym fehlend oder nur sehr sparsam auftretend.)

a) Getüpfelte Gefäſse mit deutlichem Spiralband.

α) Leichtes Holz. Aesculus, Tilia.

β) Schweres Holz. Carpinus.

b) Querwand der Gefäſse von einem runden Loch durchbrochen, kein Spiralband. Populus, Salix. (ob bei allen?)

c) Querwand der Gefäſse leiterförmig durchbrochen, kein Spiralband.

α) Scheinbar zweierlei Markstrahlen, weil an bestimmten Stellen die Gefäſse fehlen. Corylus, Alnus.

β) Gefäſse überall im Holzring. Betula.

B. Markstrahlen einerlei Art, ein- bis zweireihig.

a) Holzparenchym sparsam, Gefäſse mit Spiralband und rundem Loch in der Querwand.

---

*) Um diese Tabelle zur Bestimmung zu gebrauchen, ist es durchaus nothwendig, vollkommen gelungene Quer- und Längsschnitte nach drei Richtungen darzustellen, wozu meine Anleitung zum Gebrauch des Mikroskopes Winke, jedoch nur wiederholte Uebung die nöthige Fertigkeit, giebt.

**) Man vergl. Fig. 131 und Fig. 132 auf S. 189.

α) Spiralband sehr deutlich. Acer.
β) Spiralband schwach entwickelt. Fraxinus.

b) Holzparenchym als vereinzelte Zellen, gleich den Markstrahlen mit Stärkmehl erfüllt.
α) Gefäfse mit deutlichem Spiralband. Prunus.
β) Gefäfse ohne Spiralband. Pyrus.

C. Markstrahlen einerlei Art, zwei- bis vielreihig.

a) Markstrahlen kurz, zweierlei Gefäfszellen, die weiten mit rundem Loch, die engen mit Spiralband, bandartig zwischen den Holzzellen vertheilt. Ulmus.

b) Markstrahlen lang.
α) Holzzellen mit Spiralband, Holzparenchym mit sehr zarten Querwänden, Querwand der Gefäfse mit rundem Loch. Vitis.
β) Holzzellen und Holzparenchym ohne Spiralband, Querwand der Gefäfse leiterförmig durchbrochen. Platanus.

D. Markstrahlen zweierlei Art; breite und schmale.

a) Gefäfse weit, Holzparenchym in schmalen Bändern. Quercus.

b) Gefäfse eng, Holzparenchym als vereinzelte Zellen. Fagus.

Schlüssel

zur mikroskopischen Bestimmung einiger Rinden.

I. In den jüngeren Theilen der Rinde nur Siebröhren aber keine Bastzellen (S. 207).

a) Secundäre, verholzte, vielfach verzweigte Bastzellen in Gruppen, in den älteren Theilen der Rinde. Glattes Periderma, sehr spät Borkenbildung. Abies.

b) Secundäre, verholzte, cubische Zellen in Gruppen in den älteren Theilen der Rinde. Borkenbildung mit Periderma-Schüppchen. Picea.

c) Secundäre, verholzte, lange Bastzellen in den älteren Rindentheilen vereinzelt; Borkenbildung, keine Periderma-Schüppchen. Larix.

d) Secundäre, verholzte Bastzellen fehlen; von einem Periderma-Rand geflügelte Borkenschuppen. Pinus silvestris.

II. Bastzellen in einreihigen Ringen um den Stamm angeordnet (Manche Ringe häufig nur stellenweise ausgebildet). Taxus, Juniperus, Cupressus.

III. Bastzellen nur einmal, im ersten Lebensjahre, gebildet (in Bündeln):

a) Verholztes Parenchym unregelmäfsig; glattes Periderma, keine Borkenbildung. Fagus.

b) Verholzt. Parenchym regelmäfsig, in Gruppen mit den Markstrahlen und gegen dieselben; Rinde mit Borkenschuppen. Platanus.
Verholztes Parenchym in breiten Gruppen; abblätternder Lederkork. Betula.

c) Verholztes Parenchym nur in der Richtung d. Markstrahlen; Borke, aber keine Borkenschuppen. Alnus.

IV. Bastzellen alljährlich nachgebildet.

A. Die Nachbildung der Bastzellen auf bestimmte Stellen beschränkt. Corylus.

B. Die Nachbildung überall.

a) Verholztes Parenchym vorhanden.

aa. Keine Borke; ein glattes Periderma. Carpinus.

bb. Borke vorhanden.

α) einerlei Markstrahlen. Fraxinus.

β) zweierlei Markstrahlen. Quercus.

cc. Eine Korkhülle vorhanden. Acer campestre.

b) Kein verholztes Parenchym.

α) mit einreihigen Markstrahlen. Populus, Salix, Tilia. (Die Bildung der Bastzellen bei Tilia sehr regelmäſsig. Siehe Fig. 74. S. 95.)

β) mehrreihige Markstrahlen. Ulmus.

Erklärung einiger Ausdrücke, welche im Haupttext nicht besprochen sind.

Abtreiben, Abholzen nennt der Forstmann das Schlagen der Bäume. In der Regel wird im ersten Frühling und im Sommer gefällt.

Anflug und Selbstbesamung sind Bezeichnungen für nicht durch Menschenhand gelegten Samen. Anflug ist nur für geflügelte Samen, z. B. für die Nadelhölzer und die Birke, gebräuchlich.

Bestand heiſst in der Forstsprache eine gröſsere bewaldete Bodenfläche.

Dicotyledone Pflanzen nennt der Botaniker diejenigen Gewächse, welche mit zwei Samenlappen keimen, z. B. alle unsere Bäume.

Durchforsten heiſst einen Waldbestand nach den Gesetzen der Forstwissenschaft behandeln; demnach, wenn er zu dicht steht, lichten.

Kryptogame Gewächse sind Pflanzen ohne eigentliche Blüthen, d. h. ohne Samenknospen und Staubblätter, z. B. die Farnkräuter, Schachtelhalme, Moose, Flechten, Pilze, Algen u. s. w.

Lichtung ist eine durch Fällen der groſsen Bäume gelichtete Stelle des Waldes.

Monocotyledone Pflanzen sind solche Gewächse, welche mit einem Samenlappen keimen, z. B. die Palmen, der Drachenbaum, die Lilien, Gräser u. s. w.

Phanerogame Gewächse *) sind Pflanzen mit wirklichen Blüthen, d. h. mit Staubblättern und Samenknospen. Hierher gehören alle monocotyledone Gewächse, demnach sowohl unsere Bäume als auch die Palmen, der Drachenbaum u. s. w.

Schonung nennt der Forstmann einen Bestand junger Bäume.

Stock heiſst in der Forstsprache der Stumpf eines gefällten Baumes mit seinen Wurzeln; danach Stockholz, Stockausschlag u. s. w.

---

*) Die Charaktere der einzelnen Pflanzenfamilien, deren Namen ich erwähnen muſste, findet der Leser in den Handbüchern der systematischen Botanik beschrieben.

Für diejenigen meiner Leser, welchen die Methode der mikroskopischen Untersuchung fremd ist, bemerke ich noch, daſs für die Entwickelungsgeschichte irgend eines Pflanzentheiles zahlreiche Entwickelungszustände nach einander vergleichend untersucht werden müssen, weil, um die Veränderungen im Innern zu erfahren, jeder einzelne Zustand zerschnitten, mithin zerstört werden muſs. Durch Quer- und Längsschnitte, in bestimmten Richtungen ausgeführt, erkennt man den inneren Bau der Gewächse.

Register

über

die im Werke vorkommenden Abbildungen für die wichtigeren deutschen Waldbäume (*A, B*), desgleichen ein Nachweis für die Hauptentwickelungsstufen derselben wie solche im Texte vorkommen (*C*), nach den Bäumen geordnet.

A. Erklärung der Abbildungen auf den Tafeln I—IV.

(Die Bruchzahl neben der Figur bezeichnet die betreffende Vergrösserung z. B. $^1/_{400}$ = 400 mal; wo dieselbe fehlt, ist die Abbildung in natürlicher Grösse gegeben. Die Mehrzahl der Blüthenuntersuchungen sind in den Jahren 1852 und 1853 am Thüringer Walde ausgeführt.)

B. Verzeichniss der in den Text eingedruckten, die wichtigeren deutschen Waldbäume betreffenden, Holzschnitte*).

(Die specielle Erklärung findet sich bei jeder Abbildung in den Noten unter dem Text. — Die mit * bezeichneten Abbildungen sind Holzschnitte nach Originalzeichnungen von A. H. Eberhardt, von Kretschmar geschnitten, aus Klöbisch »der Waldbaum«; die Uebrigen sind von mir selbst auf Holz gezeichnet und von Lütke geschnitten.)

C. Nachweis der Entwickelungsstufen u. s. w. für die einzelnen Bäume, um selbige im Text zu finden, mit den betreffenden Seitenzahlen.

(**Keimung** — Keim.; **Knospen** — Knosp.; **Stamm** — Stamm; **Blatt** — Blatt; **Wurzel** — Wurz.; **Holz und Rinde** — Hlz. u. Rnd.; **Blüthe und Frucht** — Blth. u. Frcht.; **Geographische Verbreitung** — Geogr. Verbr.)

---

1. Die Tanne, die Weifs- oder Edeltanne (Abies pectinata).

A. Erklärung der Abbildungen: Tafel I. Fig. 1—22.

Fig. 1. Das Hervorbrechen des jungen Zapfens *x* im Frühjahr. Bei *z* beginnen die drei jungen Zweigtriebe, deren mittelster den Zweig verlängert, während die seitlichen neue Seitenzweige bilden. (Juni 13, 1853.)

Fig. 2. Eine Deckschuppe des jungen Zapfens aus einer wenig späteren Zeit. (Juni 27.)

Fig. 3. Die Samenschuppe (*b*) des Zapfens von der inneren Seite gesehen, *c* eine der beiden Samenknospen an derselben.

Fig. 4. Eine Samenknospe im Längsdurchschnitt dargestellt; *m* der Knospenmund (Micropyle), *nc* der Knospenkern (nucleus), *is* die einfache Knospenhülle (integumentum simplex), *se* der Embryosack (sacculus embryonalis), *x, x, x* Harzgänge in der Knospenhülle. (Juni 27.)

---

*) Ueber die übrigen in den Text eingedruckten meist anatomischen Holzschnitte erscheint ein besonderes Register unnöthig und wolle man dieselben im Texte selbst nachsehen.

Fig. 5. Ein beinahe ausgewachsener Zapfen, x die Knospe für den Zapfen des kommenden Jahres. (Juli 28.)

Fig. 6. Eine Deckschuppe (a) dieses Zapfens, sammt der Samenschuppe (b) mit den Samenknospen in der Rückenansicht.

Fig. 7. Dieselbe Samenschuppe in der vorderen Ansicht, c eine der beiden Samenknospen, y deren Flügel, der sich erst allmälig vom Gewebe der Samenschuppe differencirt und später durch Vertrocknen einer zartwandigen Gewebeschicht ablöst.

Fig. 8. Ein aus dem reifen Samen geschälter Kern im Längsschnitt, e der Embryo, I u. II bezeichnen die Höhe, in welcher die Querschnitte durch den Embryo (Fig. 11 u. 12) genommen sind.

Fig. 9. Ein reifer Same, y der Flügel, x eine Anschwellung, welche einen der Harzgänge bezeichnet (vergl. Fig. 4).

Fig. 10. Ein keimender Same. x u. y wie oben, Sl die Samenlappen, A der Ort, wo die Stammknospe liegt und sich später der junge Trieb bildet, B die Grenze zwischen dem über und unter der Erde befindlichen Theile der Keimachse, welche von B — A als Wurzelhals bezeichnet wird, während der im Boden befindliche Theil B — C als wahre Wurzel zu betrachten ist.

Fig. 11 u. 12. Querschnitte durch den Embryo vor der Keimung. Fig. 11 in der mit I (Fig. 8) u. Fig. 12 in der mit II bezeichneten Höhe, y der schon im Keim als Grenze zwischen dem inneren und äufseren Theil (Mark und Rinde) befindliche Verdickungsring.

Fig. 13. Ein Zweig mit männlichen Blüthen, z aufbrechende Zweigknospe. (Mai 27.)

Fig. 14. Eine Anthere kurz vor dem Aufbrechen, x die schief verlaufende, später als Spalte aufreifsende Naht des zweifächerigen Staubblattes.

Fig. 15. Eine aufgesprungene Anthere.

Fig. 16. Eine noch nicht geöffnete Anthere im Querschnitt.

Fig. 17. Ein frisches Pollenkorn unter Citronenöl gesehen, a die äufsere Haut desselben (Exine), b die innere Haut (Intine), x der aus drei Zellen bestehende Körper im Innern des Pollenkornes, dessen freie Endzelle später zum Pollenschlauch wird.

Fig. 18. Eine männliche Blüthe, a die Deckschuppen, unter deren Schutz die nunmehr kurzgestielte Blüthe (b) überwintert hat.

Fig. 19. Die Zapfenknospe (Fig. 5x) vor dem Aufbrechen. (Mai 7.)

Fig. 20. Ein Wurzelzweig (a), der stärkere (d) und schwächere (b u. c) Seitenwurzeln gebildet hat.

Fig. 21. Querschnitt der Zweigwurzel d der vorhergehenden Figur, y die Grenze zwischen der äufseren und inneren Schicht der primären Rinde, z die Gefäfsbündel.

Fig. 22. A Der Querschnitt durch die Zweigwurzel b, und B der dazu gehörige Längsschnitt, y u. z wie auf Fig. 21, Wh die Wurzelhaube, x eine sich am Verdickungsring neubildende Wurzelknospe.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

2. Die Rothtanne oder Fichte (Picea vulgaris Link.).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. I. Fig. 23—38.

Fig. 23. Ein junger noch unbestäubter Zapfen. (Juni 5, 1853.)

Fig. 24. Die Deckschuppe (*a*) mit der Samenschuppe (*b*) eines solchen in der Rückenansicht.

Fig. 25. Die Samenschuppe (*b*) in der Vorderansicht mit den beiden noch sehr jungen Samenknospen *c*, deren Flügel (*y*) sich abzugrenzen beginnt.

Fig. 26. Eine solche Samenschuppe so durchschnitten, dafs ein Längsschnitt durch eine der beiden Samenknospen gewonnen wurde; *is* die einfache Knospenhülle, *nc* der Knospenkern, *se* der Embryosack, *y* der Flügel der Samenknospe, welcher durch ein zartes Gewebe von der Samenschuppe *b* markirt wird. (Juni 5.)

Fig. 27. Ein ausgewachsener Zapfen. (Sept. 11.)

Fig. 28. Eine Deckschuppe (*a*) und Samenschuppe (*b*) desselben in der Rückenansicht.

Fig. 29. Eine Samenschuppe (*b*) in der Vorderansicht, *c* eine der Samenknospen, *y* deren Flügel.

Fig. 30. Eine keimende Fichte. Ueber *A* erscheint später der junge Trieb (Fig. 31), bei *B* erhebt sich die Keimachse über die Erde und bei *C* endigt die Wurzel. Der Theil *A*—*B* entspricht dem Wurzelhals (vergl. Fig. 10 derselben Tafel).

Fig. 31. Eine Keimpflanze am Ende des Sommers, *x* ein junger Seitenzweig*).

Fig. 32. Ein reifer Same, dessen Flügel durch Zufälligkeiten zerstört ist (Fig. 29).

Fig. 33. Ein Zweig mit männlichen Blüthen, *y* Zweigknospe. (Mai 27.)

Fig. 34. Eine sich mit zwei senkrechten Längsspalten (*x*) öffnende Anthere.

Fig. 35. Eine bereits verstäubte Anthere.

Fig. 36. Querschnitt durch die Anthere vor dem Verstäuben.

Fig. 37. Eine männliche Blüthe, *a* die Deckschuppen, unter deren Schutz die nunmehr ziemlich langgestielte Blüthe (*b*) überwintert hat.

Fig. 38. Längsschnitt durch die Endknospe eines Zweiges im Herbste.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

*) Die ersten Blätter (Plumulablätter) der Fichte sind nur undeutlich, bei der Kiefer dagegen sehr deutlich gesägt.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

3. Die Kiefer (Pinus silvestris).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. II. Fig. 1—22.

Fig. 1. Ein weiblicher Zweig im Frühjahr, *A* der junge Zapfen für das künftige Jahr an der Spitze des diesjährigen Triebes, *B* der vorjährige Zapfen, der im Herbst zur Reife kommt, aber erst im kommenden Frühjahr seine Samen ausstreut, *n* die Doppelnadeln. (Juni 2, 1852.)

Fig. 2. Die Spitze des diesjährigen Triebes mit zwei jungen Zapfen; *n* die sich entwickelnden Doppelnadeln.

Fig. 3. Längsschnitt durch den jungen Zapfen *A* (Fig. 1), *y* sterile Deckschuppen am Grunde desselben, *a* später entstandene kleinere Deckschuppen, in deren Achsel sich die Samenschuppe (*b*) entwickelt, *x* der Vegetationskegel des Zapfens.

Fig. 4. Eine Deckschuppe (*a*) sammt der Samenschuppe (*b*) eines solchen Zapfens in der Rückenansicht.

Fig. 5. Eine Samenschuppe (*b*) mit ihren beiden Samenknospen (*c*) von vorn gesehen.

Fig. 6. Ein ausgewachsener zweijähriger Zapfen (s. auch den Umschlag).

Fig. 7. Eine Samenschuppe (*b*) desselben in der Rückenansicht.

Fig. 8. Eine solche (*b*) in der Vorderansicht mit ihren beiden Samenknospen (*c*) (Juni 18).

Fig. 9. Ein reifer, so eben ausgefallener Same.

Fig. 10. Der Kern eines reifen Samens im Längsschnitt, *edp* das Sameneiweifs (Endosperm), *Sl* die Samenlappen, *p* die Stammknospe (Plumula), *r* die Wurzelknospe (Radicula), *Wh* die Wurzelhaube des Keimes.

Fig. 11. Eine keimende Kiefer, *Sl* die Samenlappen, *A* die Region der Stammknospe, aus der sich später der Stamm erhebt, *B* die Region, wo die Keimachse über die Erde tritt, von *A—B* der Wurzelhals, von *B—C* die Pfahlwurzel*).

Fig. 12. Querschnitt durch eine keimende Pflanze in der Region der Stammknospe geführt, *Sl* die Samenlappen, I der erste, II der zweite Blattkreis, *x* die Achse der Stammknospe.

Fig. 13. Querschnitt durch einen Samenlappen.

Fig. 14. Ein männlicher Zweig im Frühjahr, *A* der junge Trieb, am Grunde noch von seinen Deckschuppen (*y*) umgeben, *m* die männlichen Blüthen, *n* die sich entfaltenden

*) Die Plumulablättchen der Kiefer sind deutlich gesägt (s. die Anmerk. der vorigen Seite).

Doppelnadeln (Juni 2). *B* Der vorjährige Theil des Zweiges, welcher, soweit er im Jahre vorher männliche Blüthen getragen, keine Doppelnadeln (*n*) besitzt.

Fig. 15. Eine männliche Blüthe, *y* die ihr zugehörigen Deckschuppen, welche der häutigen Scheide der Doppelnadeln (Fig. 50. S. 54) entsprechen.

Fig. 16. Längsschnitt durch eine männliche Blüthe, *y* wie vorhin, *a* Staubblätter, *x* der Vegetationskegel der Blüthe.

Fig. 17. Ein mit zwei senkrechten Spalten aufgesprungenes Staubblatt.

Fig. 18. Ein frisches Pollenkorn unter Citronenöl gesehen, *a* die äufsere Membran (Exine), *b* die innere Membran (Intine), *y*—*x* zwei Tochterzellen des Pollenkornes.

Fig. 19. Ein etwas weiter entwickeltes Pollenkorn, das seine äufsere Membran abgestreift und die Zelle *x* zum beginnenden Pollenschlauch verlängert hat.

Fig. 20. Eine Endknospe des Zweiges im Spätherbst.

Fig. 21. Eine solche im Beginn des Aufbrechens im folgenden Frühjahr.

Fig. 22. Eine Deckschuppe der letzten Figur, *y* der häutige, abgestorbene, zierlich gefranste Theil, *x* die grüne und fleischige Basis.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

Keim. S. 52. — Stamm S. 112. — Blatt S. 136. — Hlz. u. Rnd. S. 188. 212. — Blth. u. Frcht. S. 260. 262. — Geogr. Verbr. S. 295.

4. Die Lerche (Larix europaea).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. II. Fig. 23—37.

Fig. 23. Ein Zweig im Frühling, *m* männliche Blüthe, *w* weibliche Blüthe (junger Zapfen), *l* aufbrechende Laub- oder Zweigknospen (Mai 14, 1853).

Fig. 24. Eine Deckschuppe (*a*) und Samenschuppe (*b*) mit ihren beiden Samenknospen (*c*) in der Vorderansicht.

Fig. 25. Längsschnitt durch die Samenschuppe und eine Samenknospe in diesem Stadio, *is* die einfache Knospenhülle, *nc* der Knospenkern, *se* der Embryosack, *y* der Anfang des Flügels der Samenknospe, *b* die Samenschuppe.

Fig. 26. Zweig mit einem ausgewachsenen Zapfen (Juli 9).

Fig. 27. Eine Samenschuppe (*b*) mit ihren beiden Samenknospen, *c* die vordere Ansicht, *y* der Flügel einer Samenknospe.

Fig. 28. Zwei reife Samen, *a* mit und *b* ohne Flügel dargestellt.

Fig. 29. Eine junge Keimpflanze, *Sl* Samenlappen, *A* die Region der Stammknospe, von *A—B* Wurzelhals, von *B — C* Pfahlwurzel*).

Fig. 30. Der Kern des reifen Samens im Längsschnitt, *edp* das Sameneiweifs, *Sl* die Samenlappen, *P* die Stammknospe, *R* die Wurzelknospe, *Wh* die Wurzelhaube des Keimes, welcher noch mit den Embryonalsträngen (*x*) zusammenhängt. (Bei den übrigen einheimischen Nadelhölzern sind die Embryonalstränge zur Zeit der Samenreife verschwunden).

Fig. 31. Längsdurchschnitt der männlichen Blüthe, *y* die Deckschuppen, unter deren Schutz die Blüthenknospe überwintert hat, *a* Staubblätter, *x* Vegetationskegel der Blüthe.

Fig. 32 u. 33. Staubblätter vor dem Aufspringen, *y* die schief verlaufende Naht der einfächerigen Antherenhälfte. Fig. 32 von vorn, Fig. 33 von der Seite gesehen.

Fig. 34. Querschnitt durch das zweifächerige Staubblatt.

Fig. 35. Ein aufgesprungenes Staubblatt in der Rückenansicht.

Fig. 36. Ein frisches Pollenkorn unter Citronenöl, *a* die äufsere Membran (Exine), *b* die innere sehr zarte Membran (Intine), *x* die Endzelle eines aus vier Tochterzellen bestehenden Körpers, welche sich später als Pollenschlauch entwickelt.

Fig. 37. Eine Knospe (*x*), im Herbst vor dem Blattfall, welche im kommenden Jahr entweder eine männliche oder eine weibliche Blüthe entwickeln soll.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungstufen.

5. Verschiedene Nadelbäume.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

*) Die Plumulablättchen der Lerche sind **nicht** gesägt (S. 362 u. S. 363 Anmerk.), die junge Pflanze zeigt einen blaugrünen Anflug.

6. Die Brasiltanne (Araucaria brasiliensis).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. II. Fig. 38 u. 39.

Fig. 38. Längsschnitt durch den reifen Samen, *x* die Samenschale, *edp* das Sameneiweifs, *Sl* die beiden Samenlappen, *P* die Stammknospe, *R* die Wurzelknospe.

Fig. 39. Eine keimende Pflanze, *Sl* u. *x* wie oben, *A* der aus der Stammknospe entstandene Stamm, *C* die aus der Wurzelknospe hervorgegangene Pfahlwurzel (Funchal, Juli 1856).

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

7. Die Eiche (Quercus pedunculata und sessiliflora).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. III. Fig. 1—19.

Fig. 1. Zweig mit männlichen Blüthen; aus den unteren Knospen des vorjährigen Triebes kommen nur männliche Blüthen, aus den oberen dagegen junge Triebe mit Blättern und Blüthen hervor. *y* Die Ringe, welche die Narben vormaliger Deckschuppen, also die Grenze des vorjährigen Triebes, bezeichnen (Mai 29, 1853).

Fig. 2. Zweig mit weiblichen Blüthen von Q. sessiliflora (Juni 8, 1852).

Fig. 3—6. Entwickelungszustände der weiblichen Blüthe, *b* das Deckblatt, in dessen Achsel die Blüthe entstanden ist, oder ein Nebenblatt desselben, *c* die sich bildende Cupula, *p* die Blüthenhülle (Perigon), *n* Narben, *x* der Vegetationskegel der Blüthenachse. Fig. 3 Eine Blüthenanlage frei präparirt, Fig. 4. eine solche im Längsschnitt und Fig. 5 im Querschnitt, nach welchem die Blätter der Blüthenhülle und die Narben in ihrer Stellung zu einander abwechseln. Fig. 6. Ein etwas späterer Zustand im Längsschnitt.

Fig. 7. Querschnitt durch den unterständigen Fruchtknoten, *g* eine Samenknospe, *sp* einer der drei Samenträger, welche wandständig sind und zwei Samenknospen tragen.

Fig. 8. Eine Samenknospe zur Blüthezeit im Längsschnitt, *ie* die äufsere Knospenhülle, *ii* die innere Knospenhülle, *nc* der Knospenkern (Juni 27).

Fig. 9. Zwei Früchte von Q. pedunculata in verschiedener Reife, *c* die Cupula, *n* die Narben.

Fig. 10. Der Keim im Längsschnitt, *P* die Stammknospe (Plumula), *R* die Wurzelknospe (Radicula), *Sl* die Samenlappen (Cotyledones).

Fig. 11. Eine keimende Pflanze, *x* die Fruchtschale, *A* der aus der Stammknospe gebildete Stamm, im unteren Theil mit Schuppenblättern (*a*), die allmälig in Laubblätter (*b*) mit zwei Nebenblättern übergehen, *B* die Grenze zwischen Stamm und Wurzel (*C*) (Juni 7).

Fig. 12. Die fünftheilige Blüthenhülle der männlichen Blüthe, ohne Staubblätter dargestellt.

Fig. 13 u. 14. Zwei Staubblätter von der Rücken- und von der Vorderseite, *x* die Längsspalte, mit welcher sich der Staubbeutel öffnet.

Fig. 15. Querschnitt durch den vierfächerigen Staubbeutel, *x* ein Fach.

Fig. 16 u. 17. Pollenkörner trocken gesehen und unter Schwefelsäure, durch welche die innere Haut zerstört wurde.

Fig. 18. Ein Zweig mit Knospen zur Winterzeit.

Fig. 19. Eine gemischte Knospe, die mit Hülfe der Nadel etwas aus einander gelegt wurde, *x* Anlage des männlichen Blüthenstandes, *f* Anlage der Laubblätter.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

8. Die Rothbuche (Fagus silvatica).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. III. Fig. 20—40.

Fig. 20. Ein blühender Zweig, bei *A* die weibliche Blüthe, bei *B* die männlichen Blüthenstände, *y* kreisförmige Narben von den abgefallenen Deckblättern der Knospenschuppen veranlafst, deren Vorkommen die Schuppenansätze der Nadelhölzer vertritt und zur Altersbestimmung der Zweige benutzt wird (Mai 20, 1852). (Vgl. Taf. III. Fig. 1).

Fig. 21. Längsschnitt durch eine junge weibliche Blüthe, *c* die Cupula, die wie bei der Eiche entsteht, aber zwei Einzelblüthen umschliefst, *p* das Perigon, *n* die Narben, *g* die Samenknospen (Juni 2).

Fig. 22. Querschnitt durch den unterständigen Fruchtknoten, *g* Samenknospen, *sp* Samenträger.

Fig. 23. Eine junge Samenknospe im Längsschnitt. Die Bezeichnung wie auf Fig. 8. der Tafel III. *f* Der hier sehr lange Nabelstrang (Funiculus) (Juni 2).

Fig. 24. Eine Frucht in der Achsel eines Blattes. *x* Ein kleiner, von dem Stich einer Mückenart herrührender Auswuchs, *y* die Eier eines Insectes auf dem Blatte.

Fig. 25. Eine reife Einzelfrucht aus der geöffneten Cupula genommen.

Fig. 26. Eine solche der Länge nach durchschnitten, *x* die Samenschale, *W* das Wurzelende, *Sl* die Samenlappen, *P* die Stammknospe, *W* die Wurzelknospe.

Fig. 27. Querschnitt durch eine solche Frucht, in der Höhe von + der vorigen Figur.

Fig. 28. Eine keimende Pflanze, *x* die Samenschale. *B* Bodengrenze.

Fig. 29. Eine andere, welche schon die Fruchtschale *x* der vorigen Figur (Mai 14) abgestreift hat, *Sl* die beiden Samenlappen, *a* die beiden ersten Blätter (Primordialblätter) der Stammknospe; von den Samenlappen bis zu *B* der Wurzelhals, unterhalb *C* die Pfahlwurzel.

Fig. 30. Eine männliche Blüthe, *a* die Staubblätter, *p* die Blüthenhülle (Perigonium).

Fig. 31. Zwei Staubblätter, *a* vor und *b* nach dem Aufspringen der Staubbeutel, welches bei *x* mit einer Längsspalte erfolgt.

Fig. 32. Querschnitt durch den vierfächerigen Staubbeutel.

Fig. 33. Pollenkörner, *a* trocken, *b* unter Citronenöl gesehen.

Fig. 34 u. 35. Zweige mit Knospen im Herbst; einfache Laubknospen und gemischte Knospen (*x*), *y* die Narben abgefallener Knospenschuppen. (Vergl. Fig. 20*y* ders. Tafel.)

Fig. 36. Die Deckschuppen einer einfachen Laubknospe nach ihrer Folge (*a, b, c, d, e*) in fünf über einander folgenden fünfgliederigen Kreisen.

Fig. 37. Eine Knospendeckschuppe beim Schwellen der Knospe, *y* der schon im Herbst vorher abgestorbene braun gefärbte Theil, *z* der zarte jugendliche, erst beim Schwellen der Knospe entstandene Theil (Mai 12).

Fig. 38. Eine gemischte Knospe, die mit Hülfe der Nadel aus einander gelegt ist, *f* Laubblätter, *x* männlicher Blüthenstand, *y* weibliche Blüthe (Mai 6).

Fig. 39. Mehrzellige Haare von der Oberhaut ganz junger Zweige.

Fig. 40. Ein Auswuchs (Galläpfel) auf dem Blatte (Fig. 24) im Längsdurchschnitt.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

9. Die Weifsbuche (Carpinus Betulus).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. IV. Fig. 1—9.

Fig. 1. Eine weibliche Blüthe aus der Achsel des Deckblattes am weiblichen Blüthenstand (Fig. 2. S. 4), in welcher, wie bei der Haselnufs (Taf. IV. Fig. 13) zwei solcher Blüthen neben einander liegen, *n* die beiden Narben, *p* die Blüthenhülle (das Perigon), *x* das Blatt, welches die falsche Cupula bildet (Mai 15, 1853).

Fig. 2. Das Deckblatt (*b*) eines weiblichen Blüthenstandes mit seinen beiden Blüthen in einem etwas späteren Zustande (Juni 7).

Fig. 3. Die weibliche Blüthe im Längsdurchschnitt, *n* u. *p* wie oben, *g* eine der beiden Samenknospen, *y* eine Gewebeschicht der Fruchtknotenwand, welche zur Ernährung der Samenknospen verwendet wird und in der reifen Frucht verschwunden ist, *z* das Mittelsäulchen oder der verlängerte Vegetationskegel der Blüthe (Juni 7).

Fig. 4. Querschnitt durch den Fruchtknoten um dieselbe Zeit; nur der eine wandständige Samenträger ist fruchtbar. *g* u. *y* wie auf der vorigen Figur.

Fig. 5. Eine Samenknospe im Längsschnitt, *is* die einfache Knospenhülle, *nc* der Knospenkern, *se* der Embryosack.

Fig. 6. Eine halbreife Frucht, *n* u. *p* wie auf Fig. 3.

Fig. 7. Ein Deckblatt (*b*) des männlichen Blüthenstandes mit zahlreichen Staubblättern (*a*). (Ob sämmtliche Staubblätter einer oder, wie bei Alnus, mehreren Blüthen angehören, läfst sich, da eine Blüthenhülle fehlt, schwer entscheiden (Mai 15). Das Staubblatt selbst ist dem des Haselstrauches (Taf. IV. Fig. 20) ähnlich.

Fig. 8 u. 9. Pollenkörner unter Wasser gesehen. Es zeigen sich die Verdickungen der inneren Membran unter den Austrittsstellen für den Pollenschlauch sehr deutlich.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

Knosp. S. 75. — Blatt S. 137. — Hlz. u. Rnd. S. 194. 217. — Blth. u. Frcht. S. 264. — Geogr. Verbr. S. 298.

10. Der Haselstrauch (Corylus Avellana).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. IV. Fig. 10—22.

Fig. 10. Ein blühender Zweig. *A* Der weibliche, *B* der männliche Blüthenstand (Februar 1853).

Fig. 11. Ein Deckblatt (*b*) des männlichen Blüthenstandes mit den beiden schuppenförmigen Blättern (*y*), die ich für Nebenblätter des Deckblattes halte (März).

Fig. 12. Längsschnitt durch den weiblichen Blüthenstand, *b* die Deckschuppen, welche im unteren Theile steril sind und erst an der Spitze des Blüthenstandes in ihrer Achsel zwei Blüthen tragen, *n* die Narben dieser Blüthen (März).

Fig. 13. Ein Deckblatt (*b*) mit seinen beiden weiblichen Blüthen, *x* die falsche Cupula, *p* die Blüthenhülle, *n* die Narben (Juni 7).

Fig. 14. Die falsche Cupula, welche aus einem Mittelblatt, das später im Wachsthum zurückbleibt und zwei Nebenblättern, die sich mächtig ausbilden, besteht isolirt.

Fig. 15. Der Querschnitt durch eine weibliche Blüthe um dieselbe Zeit, *g* eine der beiden Samenknospen des fruchtbaren wandständigen Samenträgers, *x* u. *x* die beiden Nebenblätter, welche die falsche Cupula bilden.

Fig. 16. Längsschnitt durch eine junge Frucht (Juli 13), die Bezeichnung wie auf der vorigen Figur, *y* das Gewebe der Fruchtknotenwandung, welches die Samenknospe ernährt, *z* das Mittelsäulchen (vergl. Fig. 3 dieser Tafel).

Fig. 17. Der reife Same im Längsschnitt, *z* das Mittelsäulchen, welches vertrocknet zur Seite des Samens liegt, *P* die Stammknospe, *R* die Wurzelknospe, *Sl* die Samenlappen des Keimes.

Fig. 18. Die reife Haselnufs, *p* die Region, welche die Blüthenhülle getragen, *q* der Grund, wo sich die Frucht aus der falschen Cupula gelöst hat (vergl. Fig. 16).

Fig. 19. Ein Deckblatt (*b*) des männlichen Blüthenstandes mit ihren beiden männlichen Blüthen, deren jede zwei Antheren (*a*), aber keine Blüthenhülle besitzt, wenn man nicht das Blatt *y* (Fig. 11) als solches ansehen will *).

Fig. 20. Eine dieser beiden Antheren mit getheiltem Filament (Februar).

Fig. 21. Die eine Antherenhälfte im Querschnitt.

Fig. 22. Ein Pollenkorn unter Wasser gesehen mit drei Austrittsstellen für den Pollenschlauch.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

Hlz. u. Rnd. S. 199. 219. — Blth. u. Frcht. S. 264. — Geogr. Verbr. S. 298.

*) Die Stellung der Deckblätter am männlichen Blüthenstand des Haselstrauches entspricht der $^2/_5$ Stellung nach A. Braun.

11. Die Erle (Alnus coriacea und *A.* glutinosa).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. IV. Fig. 23—33.

Fig. 23. Blühender Zweig von Alnus coriacea *). *A* weibliche, *B* männliche Blüthenstände, *x* Zweigknospe.

Fig. 24. Ein Deckblatt (*b*) des weiblichen Blüthenstandes, welches vier kleinere Schuppenblätter (*y*) birgt.

Fig. 25. Ein solches Deckblatt (*b*) mit seinen beiden weiblichen Blüthen, welche aus einem Fruchtknoten mit zwei Narben (*n*) bestehen. Die kleineren Blätter *y* sind nicht dargestellt.

Fig. 26. *a* Längsschnitt durch eine junge Frucht, *g* eine der beiden Samenknospen mit einfacher Knospenhülle, *b* Querschnitt durch eine etwas jüngere Fruchtanlage, *x* der fruchtbare, *z* der unfruchtbare wandständige Samenträger (Vgl. Fig. 4. 15 u. 41) (Juni 27).

Fig. 27. Eine reife Frucht, *n* die vertrocknete Narbe (A. glutinosa).

Fig. 28. Eine Deckschuppe (*b*) vom männlichen Blüthenstand mit den vier kleineren Schuppenblättern (*y*) (A. coriacea).

Fig. 29. Eine Deckschuppe mit ihren drei männlichen Blüthen, deren jede aus einer viertheiligen Blüthenhülle und vier Staubblättern besteht (Vgl. Fig. 30 u. 32).

Fig. 30. Die männliche Blüthe isolirt, nachdem drei Staubblätter entfernt sind, *p* die Blüthenhülle, *s* ein Staubblatt.

Fig. 31. Ein Pollenkorn unter Schwefelsäure (3—5 Austrittsstellen).

Fig. 32. Querschnitt durch die noch sehr junge Blüthenanlage von Alnus glutinosa, *p* u. *a* wie auf Fig. 30.

Fig. 33. Eine Keimpflanze von Alnus glutinosa, *Sl* Samenlappen, *y* Wurzelanschwellungen (s. S. 56).

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

12. Die Birke (Betula alba).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. IV. Fig. 34—46.

Fig. 34. Ein Zweig mit männlichen Blüthen, *x* eine Zweigknospe, die zugleich den weiblichen Blüthenstand umschliefst (April 15, 1853).

*) Ich habe diese Erlenart gewählt, weil 1. ihre Blüthentheile gröfser sind und 2. mir eine vollständigere Analyse derselben zu Gebote stand; übrigens ist ihr Blüthenbau ganz unserer Erle entsprechend.

Fig. 35. Ein Deckblatt (b) des männlichen Blüthenstandes mit seinen beiden von ihm umschlossenen Blättern (y).

Fig. 36. Eine männliche Blüthe p, die aus einer zweiblätterigen Blüthenhülle p und aus zwei Staubblättern (a) besteht. (Ein Deckblatt umfafst drei männliche Blüthen.)

Fig. 37. Das Staubblatt.

Fig. 38. Ein Pollenkorn unter Wasser gesehen mit drei Austrittsstellen für den Pollenschlauch.

Fig. 39. Ein Zweig mit weiblichen Blüthenständen (Mai 15). (Ein Deckblatt wie Fig. 35 birgt drei weibliche Blüthen.)

Fig. 40. Längsschnitt durch eine junge Frucht, n die vertrocknete Narbe, g die Samenknospe mit einfacher Knospenhülle, y das Gewebe des Fruchtknotens, welches den Samen ernährt (Juni 4). (Vergl. Fig. 3 und Fig. 16 dieser Tafel.)

Fig. 41. Querschnitt durch die junge Frucht; x der fruchtbare, z der unfruchtbare Samenträger.

Fig. 42. Eine Deckschuppe des Fruchtstandes (b) mit ihren drei Früchten in der Rückenansicht, f der häutige Flügel einer Frucht.

Fig. 43. Die reife geflügelte Frucht, n die beiden vertrockneten Narben (August).

Fig. 44. Der Keim aus einer reifen Frucht, R die Wurzelknospe, Sl Samenlappen.

Fig. 45. Längsschnitt durch den Keim. R u. Sl wie auf Fig. 44, P die Stammknospe.

Fig. 46. Eine junge Keimpflanze, Sl die Samenlappen.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

13. Die Weide (Salix fragilis).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. IV. Fig. 47—52.

Fig. 47. Ein männlicher Blüthenstand (Mai 1859).

Fig. 48. Eine Deckschuppe (b) des männlichen Blüthenstandes mit einer aus zwei Staubblättern (a) und einer fleischigen Schuppe (x) bestehenden Blüthe.

Fig. 49. Ein weiblicher Blüthenstand.

Fig. 50 u. 51. Zwei weibliche Blüthen mit ihrem Deckblatte (b). Die Blüthe besteht aus einem Fruchtknoten mit zwei getheilten Narben (n) und einer am Grunde des Fruchtknotens sitzenden fleischigen Schuppe (x).

Fig. 52. Querschnitt durch den Fruchtknoten, die beiden Samenträger (x) sind wandständig.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

14. Die Pappel (Populus).

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

15. Die Esche (Fraxinus excelsior).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. IV. Fig. 53 — 59.

Fig. 53. Blühender Zweig (Mai 25, 1853).

Fig. 54, Eine Zwitterblüthe. Zwei Staubblätter (*a*) und ein Fruchtknoten mit zwei Narben (*n*).

Fig. 55. Längsschnitt durch den Fruchtknoten, *n* Narbe, *g* eine der vier hängenden Samenknospen.

Fig. 56 u. 57. Querschnitte durch den jungen Fruchtknoten. Fig. 56 in der Höhe von I der vorigen Figur, Fig. 57 dagegen in der Höhe von II genommen, wonach der Fruchtknoten im oberen Theil einfächerig ist und zwei sich gegenüberliegende wandständige Samenträger (*p*) besitzt, im mittleren und unteren Theile aber durch das Hinzutreten des Mittelsäulchens zweifächerig wird*).

Fig. 58. Querschnitt durch den Staubbeutel eines Staubblattes, zur Zeit der Blüthe, der ursprünglich vierfächerige Staubbeutel ist durch Resorption der Scheidewand (*y*) bereits zweifächerig geworden, *x* die Naht, welche später die Längsspalte bildet, *c* Gefäfsbündel.

Fig. 59. Ein Pollenkorn unter Schwefelsäure (drei Austrittsstellen für den Pollenschlauch).

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

*) Die Samenknospen mit einfacher Knospenhülle.

16. Die Rüster oder Ulme (Ulmus campestris).

A. Erklärung der Abbildungen. (Taf. IV. Fig. 60—63).

Fig. 60. Ein blühender Zweig (April 18, 1854).

Fig. 61. Eine Zwitterblüthe im Längsschnitt, *p* die fünfblätterige Blüthenhülle, *a* die Staubblätter, deren fünf vorhanden sind, *n* die beiden Narben, *g* die einzige hängende Samenknospe, welche eine doppelte Knospenhülle besitzt.

Fig. 62. Querschnitt durch den noch vierfächerigen Staubbeutel. (Vgl. Fig. 58 d. Tafel).

Fig. 63. Ein Pollenkorn unter Wasser gesehen.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

Keim. S. 56. — Hlz. u. Rnd. S. 194. — Stamm u. Astbildg. S. 129. — Geogr. Verbr. S. 302.

17. Der Ahorn (Acer platanoides).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. IV. Fig. 64 u. 65.

Fig. 64. Eine Zwitterblüthe im Längsschnitt (acht Kelch- und acht Blumenblätter, denen acht Staubblättern folgen, worauf ein oberständiger Fruchtknoten mit zwei wandständigen Samenknospen und zwei Narben die Blüthe beschliefst), *a* Staubblatt, *g* Samenknospe, *n* Narben, *d* eine scheibenförmige Ausbreitung der Blüthenachse (ein Discus S. 252) zwischen den Blumenblättern und Staubblättern, *f* der Theil des Fruchtknotens, welcher später zum Flügel der Theilfrucht auswächst.

Fig. 65. Eine solche Blüthe etwas später, die Bildung der Flügel *f* hat schon begonnen (Juni 3, 1853).

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

Keim. S. 56. — Blatt S. 138. — Hlz. u. Rnd. S. 195. 221. — Blth. u. Frcht. S. 267. — Geogr. Verbr. S. 302.

18. Die Linde (Tilia grandifolia).

A. Erklärung der Abbildungen. Taf. IV. Fig. 66—71.

Fig. 66. Ein Blüthenstand, *b* das Laubblatt, in dessen Achsel der Blüthenstand steht und neben ihm eine Knospe (*x*), welche im kommenden Jahre einen Zweig ausbildet, *sp* das gemeinsame Deckblatt (Spatha) des Blüthenstandes (Juli 7, 1853).

Fig. 67. Eine Zwitterblüthe im Längsschnitt (fünf Kelchblätter und fünf Blumenblätter, darauf Staubblätter in unbestimmter Zahl und ein oberständiger Fruchtknoten, der durch fünf wandständige Samenträger und das Mittelsäulchen fünffächerig geworden ist und zehn Samenknospen umschliefst. Die Narben sehr unentwickelt).

Fig. 68. Ein Staubblatt.

Fig. 69. Ein Pollenkorn unter Wasser gesehen.

Fig. 70. Die Anlage des Fruchtknotens aus einer Blüthenknospe, *n* die Narbe, *y* der Staubwegcanal, *g* eine Samenknospe, *x* der Vegetationskegel des Mittelsäulchens (Juni 20).

Fig. 71. Querschnitt durch den Fruchtknoten einer solchen Blüthenknospe in der Höhe von ɪ der vorigen Figur, *p* einer der fünf wandständigen Samenträger, welcher später nach jeder Seite eine Samenknospe bildet, die zwei Knospenhüllen erhält.

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

C. Nachweis der Entwickelungsstufen.

19. Die Rofskastanie (Aesculus).

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

20. Die Robinie (Robinia pseudoacacia).

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

21. Die Eberesche (Sorbus aucuparia).

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

22. Der Flieder (Sambucus nigra).

B. Verzeichnifs der Holzschnitte.

Der Umschlag zeigt vorn Blätter oder Zweige von acht verschiedenen Waldbäumen. Rechts unten zwei Eichenblätter, daneben zwei Eicheln. Ein Lerchenzweig erhebt sich über dem Eichenlaub, ihn deckt ein Birkenzweig, dem von der anderen Seite her ein Kiefern- und ein Erlenzweig begegnen. Darauf ein reifer Kiefernzapfen, von den Blättern eines Buchenzweiges halb bedeckt, zwischen den letzteren sieht ein Fruchtstand der Buche (eine Buchel) hervor. Ein Tannenzweig schliefst den Kranz, und hinter demselben blickt ein Fichtenzweig hervor. Rechts unten zweizeilig verzweigte Wurzeln der Tanne.

Dieser Umschlag ist daher als integrirender Theil des Werkes mit einzubinden.

Sachregister.

O.

P.

R.

S.

T.

U.

V.

Zusatz zu S. 31. Die Stacheln (Aculei), z. B. des Rosen- und Himbeerstrauches, gehören der Oberhaut, und lassen sich glatt mit derselben abziehen; ebenso bei Bombax Ceyba, dessen Stamm durch zolllange Stacheln dicht bepanzert ist. Die Dornen (Spinae) dagegen hängen durch Gefäfsbündel mit den inneren Theilen der Pflanze zusammen (S. 120 u. 176).

Verbesserungen.

Seite 135. Zeile 18 von oben ganz statt einfach.
» 136 » 11 » unten gebuchtet statt ausgerandet.
» 137 » 1 » oben gebuchtet statt ausgerandet.
» 137 » 8 » unten bewimpert statt behaart.
» 138 » 1 » oben gesägt statt gezähnt.
» 138 » 13 » » gespaltene statt tief getheilte.
» 249 » 22 » » Samenträger statt Knospenträger.
» 181 statt 118.

Berlin, Druck von Gustav Schade, Marienstr. 10.

H. Schacht ad nat. del. C. Laue lith.

Fig. 1-22. Abies pectinata (Tanne.) 23-38. Picea vulgaris (Fichte.)

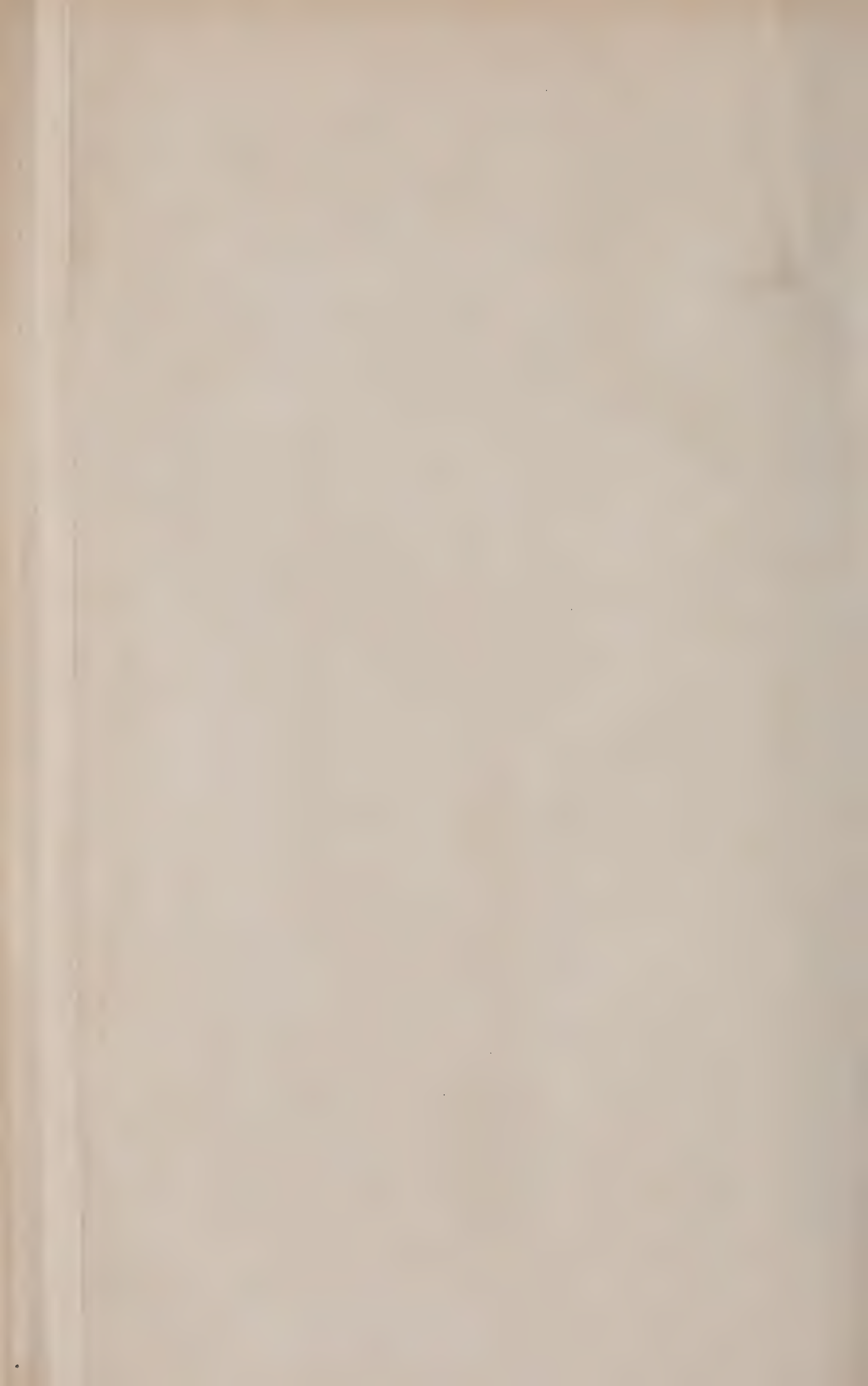




Fig. 1-22. Pinus silvestris (Kiefer.) 23-37. Larix europaea (Lerche.) 38-39. Araucaria brasiliensis (Brasiltanne.)





H. Schacht ad nat. del. — C. Laue lith.

Fig. 1-19. Quercus pedunculata & sessiliflora (Eiche.) 20-40. Fagus silvatica (Buche.)





Fig. 1-9. Carpinus (Weiſsbuche.) 10-22. Corÿlus (Haselnuſs.) 23-33. Alnus (Erle.) 34-46. Betula (Birke.) 47-52. Salix (Weide.)
53-59. Fraxinus (Esche.) 60-63. Ulmus (Rüster.) 64-65. Acer (Ahorn.) 66-71. Tilia (Linde.)





